

Arto Gröhn

Eristerappauksen laadunvalvonta

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennustekniikan ko.

Insinöörityö

28.4.2014

Tekijä(t) Otsikko	Arto Gröhn Eristerappauksen laadunvalvonta
Sivumäärä Aika	42 sivua + 2 liitettä 28.4.2014
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Rakennustekniikan koulutusohjelma
Suuntautumisvaihtoehto	Rakennesuunnittelu
Ohjaaja(t)	Opettaja, Hannu Hakkarainen HSSR oy, Anssi Väätäinen, RI HSSR oy, Jari Kauppinen, RI
<p>Julkisivujen kunnostaminen ohutrappausmenetelmällä on nykyisin hyvin yleisesti käytetty korjausmenetelmä. Vuosien saatossa toteutetuissa kohteissa on kuitenkin ilmennyt työ- ja suunnitteluvirheitä, jotka ovat aiheuttaneet merkittävää vaurioitumista ja lisäkorjaustarvetta julkisivuille. Tämä opinnäytetyö tehtiin HSSR oy:lle tarkoituksena ymmärtää ohutrappauksen toiminta ja vaatimukset, sekä selvittää vikojen syitä.</p> <p>Työn tavoitteena oli luoda rakennuttajalle ja suunnittelijalle toiminta- ja laadunvalvonta ohjeet, jolla vaurioita pystytään ennaltaehkäisemään.</p> <p>Työssä käytettiin esimerkikohdetta, jossa oli ohutrappauksen laatuongelma. Seinistä otettiin 48 näytettä, joiden perusteella tutkittiin halkeilun syitä mikroskooppitutkimuksella. Lopputulemana voidaan pitää sitä, että seinän halkeilu johtuu lasikuituverkon väärästä sijainnista verkotuskerroksessa. Halkeamat muodostuvat, kun verkko ei kykene siltaamaan pinnan jännityksiä.</p> <p>Pääasia laaduntarkkailussa on riittävä valvonta seuraavissa asioissa: materiaalit tulevat samalta toimittajalta ja työt toteutetaan materiaalityöntekijän ohjeiden mukaisesti. Verkon sijainti, pinnan tasaisuus, detaljit ja oikeanlaisten materiaalien käyttö oikeassa paikassa (esim. eristeiden kiinnikkeet) on myös tärkeää.</p> <p>Lopputyötä voidaan käyttää apuna ohuteristerappausjärjestelmän suunnittelussa ja toteutuksessa, sekä ohutrappauksen laadun tutkimisessa.</p>	
Avainsanat	Eristerappaus, ohutrappaus, lasikuituverkko, laadunvalvonta, suunnittelu, tutkiminen, toteutus,

Author(s) Title	Arto Gröhn The quality control of exterior insulation with rendering
Number of Pages Date	42 pages + 2 appendices 28 April 2014
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Construction engineering
Specialisation option	Structural engineer
Instructor(s)	Principal Lecturer, Hannu Hakkarainen HSSR oy, Anssi Väätäinen, HSSR oy, Jari Kauppinen,
<p>Renovation of exterior walls with thin coat rendering is very common nowadays. However, over the years several quality related problems have been encountered when making an external thermal insulation with thin coat rendering. This thesis was commissioned by HSSR Oy and the aim was to reach a better understanding of how thermal insulation with thin coat rendering can be produced correctly without quality problems.</p> <p>The aim is to make a guide that details the ways in which thermal insulation with thin coat rendering can be done correctly. An additional aim is to find ways to supervise the site properly, both in terms of implementation and the quality of the end product.</p> <p>Data for this thesis were gathered from an example site that had problems with the quality of the thin coat rendering. 48 samples were taken from the site, and they were inspected with a microscope. The main conclusion was that the mesh cloth inside the adhesive layer was placed too deep, and the cracks appeared because the mesh could not bear tensions in the surface.</p> <p>In order to attain high quality, supervision should concentrate on the following points: The materials used must come from the same manufacturer, and the work must be performed according to their instructions. The placing of the mesh cloth, the smoothness of the surfaces, and the correct use of appropriate materials, such as mechanical fixings, must be supervised.</p> <p>The thesis can be used as a guide in the planning and implementation of external thermal insulation with the thin coat method, and as a tool for inspecting the quality of thin rendered insulations.</p>	
Keywords	External thermal insulation, thin coat rendering, mesh cloth, quality assurance, designing, inspection, implementation.

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Insinööriyön taustaa	2
3	Tavoite ja rajaus	2
4	Ohutrappauksen historiaa	3
5	Eristerappaus	3
5.1	Ohutrappaus	4
5.2	Muut eristerappausjärjestelmät	5
6	Ohutrappauksessa käytettävät materiaalit	6
6.1	Laastit	6
6.2	Verkot, kiinnikkeet ja listat	8
6.3	Lämmöneristeet	10
6.4	Pinnoitteet	11
7	Ohutrappauksen menetelmät ja laatukriteerit	11
7.1	Laatukriteerien perusta	12
7.2	Laatukriteerien raja arvoja	14
7.3	Menetelmät	19
8	Suunnitteluohjeet	24
8.1	Valmistava suunnittelu	25
8.2	Työnaikainen suunnittelu	28
8.3	Vuodenajan vaikutukset	29
9	Laadunvalvonta	29
9.1	Laadunvalvonnan muistilista	29
9.2	Laadunvalvonnassa esiintyvät ongelmat	30
9.3	Laadunvalvonnan välineet ja menetelmät	30
10	Ohutrappauksen laadun tutkiminen	30

10.1	Kohteen tiedot, (tutkimuskohteet ja syyt)	30
10.2	Tutkimusjärjestelyt, tutkimusvälineet ja menetelmät	31
10.3	Johtopäätökset	33
11	Työjärjestys	34
11.1	Alustan valmistelu	34
11.2	Lämmöneristeen asennus, rakenteellinen liikuntasäama	36
11.3	Lisävahvistus	36
11.4	Liikuntasäamat ja vesipellit	37
11.5	Verkotuskerros	38
11.6	Pinnoite	39
11.7	Jälkihoito	39
11.8	Työn tarkastus	39
12	Yhteenvedo	40
	Lähteet	41
	Liitteet	
	Liite 1. Asiantuntijalausunto, Esko Mikkola	
	Liite 2. Tutkimusraportti, eristerappaus	

Lyhenteet

EPS	<i>Expanded Polystyrene</i> eli paisutettu polystyreeni. Rakentamisessa käytetään EPS-levyjä. [7.]
PIR	Polyisosyanuraatti-pohjainen solumuovieriste. Rakentamisessa käytetty uretaanista valmistettu eristelevy. [8.]
PUR	Polyuretaanipohjainen solumuovieriste. Rakentamisessa käytetty polyuretaanista valmistettu eristelevy.[8.]
XPS	<i>Extruded polystyrene</i> eli suulakepuristettu polystyreeni. Rakentamisessa käytetty solumuovinen eristelevy. [9.]

1 Johdanto

Tämä opinnäytetyö tehdään Helsingin Seudun Suunnittelu- ja Rakennuttajapalvelu HSSR Oy:lle. Sen pääasiallisen tarkoituksena on kerätä yksien kansien väliin ohutrappaus-eristejärjestelmien laadun varmistamiseen liittyvät seikat sekä ohjeet, kuinka tämä käytännössä toteutuu.

HSSR oy on korjausrakentamisen konsultointiin, suunnitteluun, rakennuttamiseen ja valvontaan erikoistunut rakennusalan yritys, jonka toimenkuvaan kuuluu lähes kaikki olemassa olevaan kiinteistökantaan liittyvät korjaushankkeet.

Työssä käydään läpi ohutrappauksen määräykset ja täytettävät standardit. Työssä käydään läpi eri materiaalitoimittajien eri käytäntöjä ohutrappausjärjestelmien kesken. Lisäksi työssä tutkitaan Myyrmäessä oleva kohde, jonka seinien ohutrappaus oli halkeillut. Kohteesta tehdään mittauspöytäkirjat ja numeroiden perusteella sitten johtopäätöksiä. Tätä opinnäytetyötä on tarkoitus käyttää myös jatkossa kohteiden laadun tutkimiseen ja varmistukseen.

2 Insinööriyön taustaa

Ohutrappauksen yleisyys ja julki tulleet vauriot ovat osoittaneet, että työn jälki ja laatuvaatimukset eivät aina käy yksiin. Julkisivujen kunnostaminen ohutrappausmenetelmällä on nykyisin hyvin yleisesti käytetty korjausmenetelmä. Vuosien saatossa toteutetuissa kohteissa on kuitenkin ilmennyt työ- ja suunnitteluvirheitä, jotka ovat aiheuttaneet merkittävää vaurioitumista ja lisäkorjaustarvetta julkisivuille. Lopputyön tarkoituksena on luoda suunnittelijan sekä rakennuttajan laadunvalvontaohjeet, joilla vaurioita pystytään ennaltaehkäisemään.

3 Tavoite ja raja

Tämän insinööriyön tavoitteena on saada luotua sellaiset toimintaohjeet, joita noudattamalla on mahdollista saavuttaa suunnitelmallisesti ja toteutuksellisesti toimiva ja kestävä ohutrappaus. Lisäksi käydään läpi ohutrappauksen laadun kriteerit sekä ohutrappauksen laadunvalvonnan menetelmät ja toimenpiteet.

Tässä työssä keskitytään pääasiallisesti vain EPS-eristeen päälle tehtyyn ohutrappaukseen työmaaolosuhteissa, joten esimerkiksi paksurappausjärjestelmiä tai levyrappausjärjestelmiä eikä mineraalivillan päälle tehtyä rappausta juurikaan käsitellä. Työssä ei myöskään ole keskitytty uudisrakentamiseen, vaan asioihin on perehdytty korjausrakentamisen näkökulmasta.

4 Ohutrappauksen historiaa

Eristerappaus yleistyi Euroopassa toisen maailmansodan jälkeen, kun pommitetut kaupungit ja kylät jälleenrakennettiin nopeasti. Tämän aiheuttama energiakriisi johti seinien ulkopuolisen eristämisen yleistymiseen. Eurooppalainen rakentaminen koostui pääosin muuratuista seinistä, joiden ulkopuolelle lisättiin korkkia tai lasi- tai kivivillaa, jonka ulkopuolelle tehtiin muuraus tai rappaus. 1960-luvulla paisutettujen polystyreenien tultua markkinoille, rappauksen ja polystyreenin erilaiset ominaisuudet, kuten mittapysyvyys ja lämpöeläminen, ajoivat kehittämään ohuemman, polymeeripohjaisen rappauksen, joka mukautui liikkeisiin paremmin kuin tavallinen, paksu ja kova rappaus. [14, s.1.]

Eristerappausta on käytetty Suomessa jo 1970-luvulta, mutta 2000-luvulla se on nousut yleiseksi korjausmenetelmäksi betonielementtitalojen julkisivukorjauksissa. Nykypäivänä eristerappausta käytetään yleisesti myös uudisrakentamisessa. [1, s.11.]

5 Eristerappaus

Tässä insinööriyössä keskitytään erilaisista eristerappausjärjestelmistä lähinnä solumuovin päälle tehtyyn ohutrappaukseen, sekä sen korjaamiseen. Eristerappaus voidaan tehdä myös mineraalivillan päälle.

Kun tehdään rappaus lämmöneristeen päälle, kutsutaan sitä yleisnimellä eristerappaus. Sen perusrakenne on kiinnikkein ja/tai liimalaastilla runkoon kiinnitetty kova lämmöneriste, jonka pinnalla on verkotettuna joko paksu-, ohut- tai levyrappaus. Eriterappausjärjestelmät on kehitetty materiaalivalmistajien toimesta niin, että yhtiön itse kehittämän järjestelmän materiaalit ovat keskenään sopivia. Valitun eristerappausjärjestelmän on oltava testattu ja hyväksytty kokonaisuus. [1, s.11.]

Kun julkisivujen korjaus tehdään eristerappaamalla, on otettava huomioon, että seinän paksuus kasvaa. Tällöin esimerkiksi räystäällä, nurkissa ja aukoissa on toteutettava rakenteellisia muutoksia, jolloin on varmistettava, että nämä toimivat teknisesti oikein. Näin ollen suunnitteluvaiheen tärkeys korostuu. [6, s.14.]

5.1 Ohutrappaus

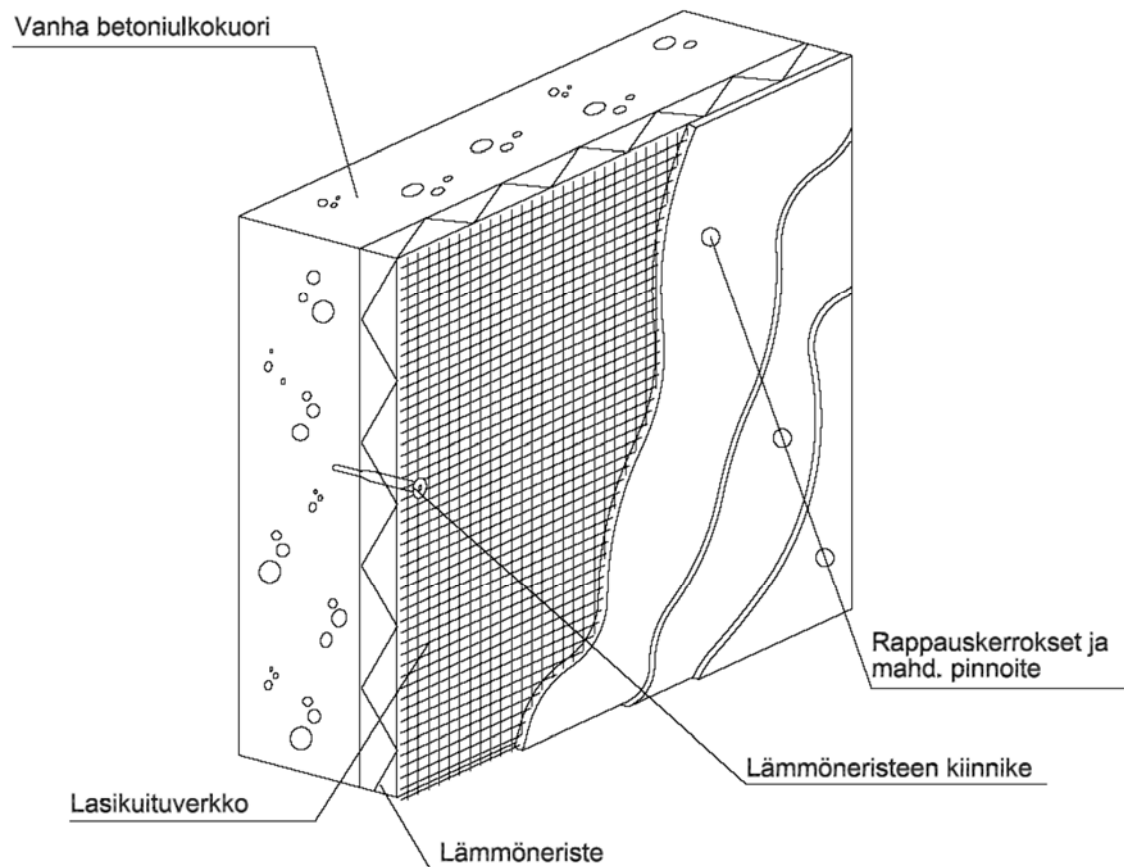
Ohutrappaus-eristejärjestelmän ero muihin eristerappauksiin on sen rakennepaksuudessa ja kiinnitystarpeessa. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että rappauskerroksista ei tule niin paksua ja siten niin painavaa, että rappauksen sisällä olevaa verkkoa tarvitsi kiinnittää erillisillä kiinnikkeillä rakennuksen runkoon. Lämmöneristeet kiinnitetään runkoon liimalaastilla ja tarvittaessa kiinnikkein, mutta ne eivät tule verkotuksen läpi. Käytettävä verkotus on yleensä lasikuituverkkoa. Kuvassa 1 näkyy, millainen ohutrappaus on. [5.]

Ohutrappaus on mitoitettava kestäämään tuulen imupaineen, jolloin suurilla pinta-aloilla ja epätasaisilla alustoilla, joissa liimalaastin vetolujuus ei riitä, joudutaan lämmöneristeet kiinnittämään alustaansa mekaanisesti. [5.]

Ohutrappaus-eristejärjestelmien rappausalustana voi olla lujaa mineraalivillaa tai kutistumatonta solumuovilevyä (EPS). Molemmat lämmöneristeet on valmistettu juuri eristerappauksia varten. PUR:n PIR:n XPS:n ja fenolivaahdon päälle on myös tehty jonkin verran eristerappauksia. Ohutrappaukset suunnitellaan mahdolliset alustan epätasaisuudet peittäviksi rakenteiksi. Ohuella rappauspinnalla ei kuitenkaan voida tasoitusta tehdä, vaan epätasaisuudet korjataan ennen lämmöneristelevyjen asentamista. [5.]

Lopullisen rappauskerroksen paksuus on tyypillisesti noin 5 - 10 mm. Laastikerroksia on kaksi: verkotuslaasti, johon lasikuituverkko sijoittuu sekä pinnoite, joka toimii suojana kosteutta vastaan ja muodostaa rappauksen pintaan halutun pintakuviointin. Pinnoitteen paksuus riippuu käytettävän pinnoitteen raekoosta. [1, s.15.]

Ohutrappauksen materiaaleja käydään tarkemmin läpi kohdassa 6 *Ohutrappauksessa käytettävät materiaalit*.



Kuva 1. Ohutrappaus-eristejärjestelmän periaatekuva. [2,s.13]

5.2 Muut eristerappausjärjestelmät

Paksurappaus-eristejärjestelmässä rappauskerroksen paksuus on noin 20 - 25 mm ja se muodostaa lämmöneristeeseen päälle jämäkän rakenteen. Se kiinnitetään sinkityn teräksisen rappausverkon ja eristekerroksen läpi rakennuksen runkoon mekaanisin kiinnikkein. Rappauskerroksia on kolme: Pohjarappaus, joka peittää lämmöneristeiden pinnan ja jää alustaksi seuraavalle kerrokselle. Täyttörappaus, joka täyttää lämmöneristeiden mahdolliset epätasaisuudet ja johon metallinen rappausverkko sijoittuu. Pintarappaus on pintaan tuleva rappauskerros, joka voidaan toteuttaa värillisenä lopullisen ulkonäön saamiseksi, tai sopivaksi alustaksi pinnan jatkokäsittelylle. [1, s.18.]

Levyrappaukset ovat tuulettuvia rappauksia, joissa eristeiden ulkopuolelle asennetaan levytys ja levytyksen ja eristeiden väliin jätetään ilmarako. Eristeen ulkopuolelle kiinnitetty levytys rapataan. [1, s.11.]

6 Ohutrappauksessa käytettävät materiaalit

Tämä osio käsittelee ohutrappauksessa käytettäviä materiaaleja, mistä ne on tehty ja millaisia ominaisuuksia niillä on. Materiaalien eri ominaisuudet ja esimerkiksi lämmöstä aiheutuvat pakkovoimat ovat erilaisia eri kerroksissa ohutratapussa rakenteessa. Tämä aiheuttaa kuormitusta joka jokaisen yksittäisen materiaalin omalla osallaan, kuin myös koko järjestelmän, tulee kestää. Tässä työssä käsitellään pääosin EPS-eristeelle toteutettua ohutrappausta.

6.1 Laastit

Ohutrappaamisessa käytetään erilaisia laasteja, sekä lämmöneristeen liimaamiseen, että itse ohutrappauskerrokseen. Kaikkien käytettyjen laastien tulee olla hyvin pakkasen kestäviä. [1, s.14.]

Markkinoilla on orgaanisia ja epäorgaanisia laasteja sekä niiden yhdistelmiä. Orgaanisten laastien pääasiallisena sideaineena on polymeerejä eli verkkorakenteisia hiiliyhdisteitä eli muoveja. Tällöin laasti on joustavaa ja kestää iskuja ja osumia paremmin kuin kovat epäorgaaniset laastit. Epäorgaanisten laastien sideaineena on pääasiassa sementti ja/tai kalkki. [5.]

Sementtilaastin sideaineena toimii pääasiallisesti sementti tai muuraussementti ja se kovettuu kun sideaine reagoi veden kanssa. Sementtilaastin kovettumisen kannalta onkin tärkeää, että kovettumisvaiheessa siinä on riittävästi vettä. Sementtilaastin ominaisuuksia voidaan parannella lisäämällä siihen kuituja tai muita lisäaineita. Näin voidaan vaikuttaa esimerkiksi sen pakkasenkestävyyteen ja kuivumiskutistumaan. [5.]

Kalkkilaastien sideaineena toimii yleensä sammutettu kalkki. Kalkit jaotellaan ilmakalkkeihin ja hydraulisiin eli vedellä toimiviin kalkkeihin. Ilmakalkki kovettuu kostean ilman hiilidioksidin vaikutuksesta. [5.]

Kalkkisementtilaastin, yleensä lyhennetty K-laastin sideaineena toimii sekä ilmakalkki että sementti. Kalkin ja sementin suhteella saadaan rappaukselle erilaisia ominaisuuksia. Sementti parantaa laastin lujuutta ja säänkestävyyttä, mutta lisää laastin kutistumaa ja heikentää sen työstettävyyttä. [5.]

Laastien ominaisuudet korostuvat kun tarkoituksena on saada aikaan kestävä ja joustava rappauskerros joka täyttää kaikki tarvittavat vaatimukset. Vaatimuksista kerrotaan lisää kohdassa 7 *Ohutrappauksen menetelmät ja laatukriteerit*.

Liimalaastit

Liimalaastin tarkoitus on pitää eristelevyt kiinni rakennuksen rungossa. Laastilla on oltava hyvät tartuntaominaisuudet sekä lämmöneristeisiin että kiinnitysalustaan, joka on pääosin betonia tai muuta kiviainespohjaista materiaalia. Käytännössä tämä saavutetaan kun laasti sisältää polymeerejä. Esimerkiksi STO Liimalaasti sisältää tietolehtisen mukaan: kalkkia tai sementtiä, polymeerejä, kalkkijauhoa, hiekkaa ja vettä. Liimalaasteja käytetään erityisesti silloin kun lämmöneriste pitää saada kiinnitettyä epävarmempaan alustaan kuten vanha maali. Jos pinnan tartuntaominaisuudet ovat hyvät, voidaan liimalaastin sijasta käyttää tavallista verkotuslaastia, näin myös työmaalla asiat hoituvat paremmin, kun laasti on samaa. [1,s 14; 10]

Verkotuslaastit

Verkotuslaasti on yleensä sementtipohjaista laastia, johon on lisätty polymeerejä sekä mahdollisesti muovikuituja ja muita lisäaineita. Lisäaineiden tarkoitus on saada verkotuskerros kestävämmän rakenteelle tulevia rasituksia, kuten kosteus tai mahdolliset iskut. Verkotuslaasti on kapillaarista, eli jos vesi pääsee pinnoituksen läpi, leviää se laajemmalle verkotuslaastikerroksessa. Kyseiseen kerrokseen sijoittuu myös rappausverkko. Rappauustyö on tehtävä materiaalitoimittajan ohjeiden mukaan ja työtä tehdessä on kiinnitettävä huomiota erityisesti rappausverkon oikeaan sijaintiin valmiissa pinnassa sekä oikeaan jälkihoitoon, Kts. kohta 7 *Ohutrappauksen menetelmät ja laatukriteerit*. [1,s 14; 11.]

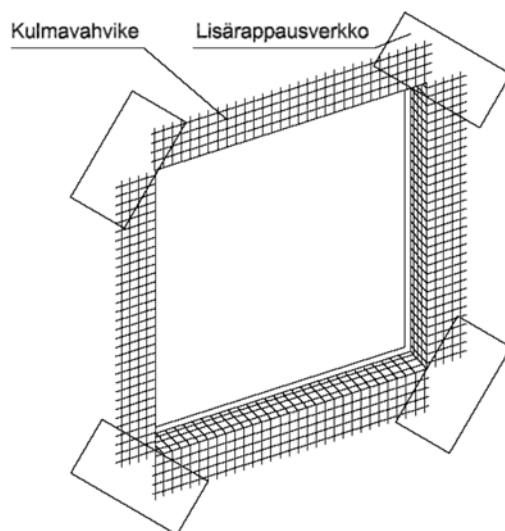
Verkotuslaasti voidaan levittää joko yhdessä tai kahdessa kerroksessa, materiaalitoimittajasta ja järjestelmästä riippuen. Esimerkiksi Fescoterm-ohutrappausjärjestelmän suunnitteluohjeessa mainitaan laasti levitettäväksi kahdella eri kerralla, kun taas Stoterm Classic eristerappausjärjestelmässä verkotuslaasti levitetään yhdellä kertaa. Verkotuslaastikerrosta tehtäessä on kiinnitettävä erityistä huomiota rappausverkon sijaintiin rappauskerroksen sisällä. Rappausverkon oikea sijainti on materiaalitoimittajan ohjeiden mukaisesti yleensä verkotuslaastikerroksen ulkopinnalla. Esimerkiksi STOn Stoterm-ohutrappausjärjestelmän ohjeen mukaan verkko tulee asentaa verkotusker-

roksen ulompaan kolmasosaan. Väärässä paikassa oleva verkko aiheuttaa liiallista halkeilua, jolloin ohutrappauksen sisään pääsee suunniteltua enemmän kosteutta, mikä taas vaikuttaa tartuntaan ja halkeiluun. Halkeamien ulkonäköhaitta on suuri. [6, s 9; 12,s 11.]

6.2 Verkot, kiinnikkeet ja listat

Rappausverkon tarkoituksena on lujittaa eristekerroksen päällä oleva rappaus niin, että räsitukset, kuten esimerkiksi iskut tai lämpenemisestä johtuvan laajenemisen aiheuttamat pakkovoimat eivät vaurioita rakennetta. Ohutrappauksessa käytetyn rappausverkon materiaali on alkalisuojattua lasikuitua. Käytännössä alkali tarkoittaa veden emäksisyyttä ja juuri märät laastit ovat yleensä emäksisiä ja voivat näin haurastuttaa suojaamatonta lasikuituista materiaalia. Muovipäällystys tai kyllästys ovat käytettyjä lasikuidun alkalisuojauksia. [1,s 15; 12.]

Ennen rappaustyöhön ryhtymistä aukkojen kulmiin lisätään diagonaali-/ lisärappausverkko kuten kuvassa 2, jotka asennetaan eristeen pintaan ohuella kerroksella verkotuslaastia. Rappauskulmiin laitetaan kulmavahvikeverkko, joka helpottaa kulman työstöä, sekä vahvistaa itse kulmaa. Näin rappauksen halkeilemisen nurkista minimoituu. Työ tehdään järjestelmätoimittajan ohjeiden mukaisesti niin, että koko verkko on kiinnitetty alustaansa. Päälle tuleva verkotuskerroksen verkotuslaasti on tältä kohtaa ohuempi, jotta ainevahvuus ei kasva ja pinta pysyy tasaisena. [6, s 9; 12,s 11.]



Kuva 2. Aukon ympärille tulevat kulmavahvikkeet ja lisärappausverkot [2,s.17].

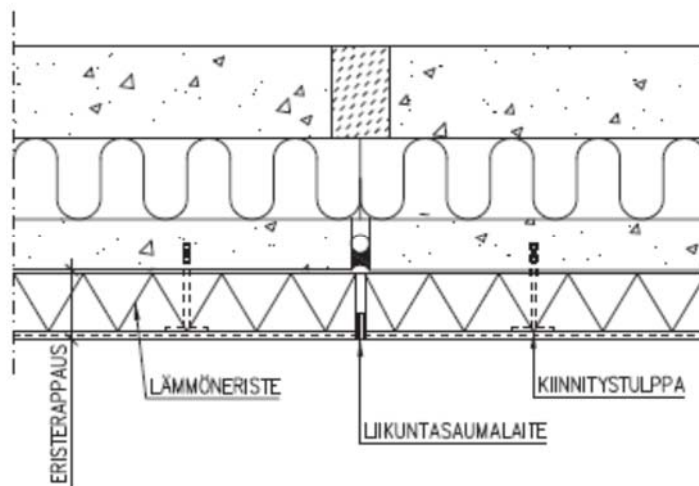
Kiinnikkeitä, kuvassa 3, käytetään liimalaastin lisäksi varmistamaan eristeen pysyminen alustassaan. Kiinnikkeiden käyttö kuuluu testattuun rakennejärjestelmään, jolloin niitä käytetään materiaaloimittajan mukaan. Eri kiinnitysalustalle käytetään erilaisia tulppia. Esimerkiksi Fescoterm-ohutrappausjärjestelmän suunnitteluohjeessa eristelelyn kiinnitys betoniseinään varmistetaan 8 mm:n muovisilla kiinnitystulpilla vähintään 4 kpl neliömetriä kohden. Kannat eivät saa jäädä eristeen pinnasta koholle. [6,s 9.]

Jos eristeen paksuus on yli 70 mm, voidaan tulpat upottaa eristeen sisään ja laittaa päälle niin kutsuttu tulppahattu, joka peittää tulpan. Hattu on samaa materiaalia kuin eriste, näin ei synny epäjatkuvuuskohtaa rappauksen sisäpintaan.[1,s.48.]



Kuva 3. Eristeiden kiinnitykseen tarkoitettu kiinnitystulppa [2,s.16].

Ohutrappausjärjestelmään kuuluu myös muita komponentteja kuten päättölistat, jotka on yleensä valmistettu muovista ja muovipinnoitetusta lasikuituverkosta, sekä alareunalista, joka on yleensä alumiinia tai sinkittyä peltiä. Alareunalista asennetaan ohutrappauksen viimeistellyn alareunan aikaansaamiseksi. Se muodostaa lisäksi tippanokan, etteivät vesipisarot jää imeytymään rappaukseen vaan tippuvat pois. Alareunalistan kiinnityksessä on huomioitava, että jatkoskohtiin jätetään rako lämpöliikkeiden vuoksi. Päättölistaa taas käytetään viimeistelyjen pystysaumojen tekemiseen, esimerkiksi liikuntasaumojen kohdalla, kuten kuvassa 4. Näin paisuntanauhat tai elastinen saumamassa saa tasaisen liityntäpinnan rappaukseen, jolloin vuotojen todennäköisyys sauman sisään pienenee. [1, s.20.]



Kuva 4. Fescoterm-ohutrappausjärjestelmän periaatekuva liikuntasaumasta. Fescon Oy. [6.]

6.3 Lämmöneristeet

Tässä työssä käsitellään pääosin EPS-levyn päälle tehtyä ohutrappautta. EPS on vesihöyryn avulla paisutettua polystyreeniä. Eristerappauksiin käytettävät EPS-seinäeristelevyt on luokiteltu mittatarkkuuden ja -pysyvyyden suhteen. EPS-seinäeristelevyjen jälkikutistuma on aina alle 0,2 %, eivätkä kaikki EPS-eristeet tätä täytä. Työmaalle tulevat eristeniput kannattaa tarkastaa varmistaen, että kyseessä on sopiva EPS-laatu, ja että niiden esivanhentumisaika ennen muotoon leikkaamista on ollut riittävä. Lämmöneristekerroksen paksuus vaihtelee korjauskohteissa pääosin 50 mm ja 100 mm välillä. Rakennesuunnitteluvaiheessa on myös korjausrakentamiskohteissa otettava huomioon esimerkiksi palomääräykset, jotka eristeeseen tulee täyttää. EPS-lämmöneristeiden vaatimuksista kerrotaan kohdassa 7 *Ohutrappauksen menetelmät ja laatukriteerit*. [1, s.15, s. 40; 13 s. 3]

Ohutrappauksissa käytetty mineraalivilla on pääsääntöisesti kiviaineesta valmistettua levyäistä eristettä. Se kiinnitetään alustaansa liimalaastilla sekä aina mekaanisin kiinnikkein järjestelmätoimittajan ohjeiden mukaisesti. [1, s.14.]

Muita eristevalmisteita, kuten polyuretaani tai lasivilla, on käytetty ohutrappaukseen varsin vähän, johtuen niiden materiaaliominaisuuksista ja käyttäytymisestä ohutrappauksessa käytettävien laastien kanssa. [5.]

Auringon ultraviolettisäteily vahingoittaa eristeiden pintaa jolloin verkotuslaastin tartunta heikkenee. Liian pitkään auringon UV-säteilylle alttiit eristeet on puhdistettava harjaamalla tai hiomalla. Tästä syntyneet hiukkaset on poistettava esimerkiksi imuroimalla, jotta tartunta pysyy hyvänä. [1, s.48.]

6.4 Pinnoitteet

Ohutrappauksen uloin kerros, eli pinnoite, on yleensä silikonihartsipohjaista tuotetta, joka pystyy hylkimään vettä, mutta myös päästämään vesihöyryä lävitseen. Silikaattipohjainen pinnoite ei käytännössä sovi ohutrappaukseen sen halkeiluerkkyyden takia. Akryylipohjainen pinnoite sopii sellaisille alueille joka on alttiina ulkopuolisille iskuille, se lisää pinnan joustavuutta. Varsinaisen pinnoitteen alla voidaan järjestelmästä riippuen käyttää myös primerointikerrosta, joka auttaa pinnoitteen tartumisessa. [1,s.16.]

Kun viistosade kastelee pinnoitteen, muodostaa se vesikalvon pinnoitteen pinnalle. Pinnoitteessa mahdollisesti olevasta huonosta kohdasta imeytyy vesi läpi verkotuslaastiin, jolloin syntyy kosteusvaurioriski. Tämän takia on pinnoitteen oltava hyvä- ja tasalaatuinen. [1, s 16.]

Pinnoitteen raekoko voidaan valita 0.5 mm – 6 mm väliltä halutun lopullisesta pinnasta riippuen. Lopullinen pinta on kiviainesmäärän ja -koon, pinnoitteen värin ja työstötavan (esimerkiksi hierto, ruiskutus tai harjaus) yhteistulos. Pinta voi olla myös maalattu. Pinnoitteen raekoko määrittää sen lopullisen kerrospaksuuden ja siten materiaalimenekin. [1, s 16,s.53.]

7 Ohutrappauksen menetelmät ja laatukriteerit

Tämä osio käsittelee ohutrappausjärjestelmien erilaisia toteutustapoja ja niiden laatu-kriteerejä, sekä mitä raja-arvoja lopullisen rakenteen tulee täyttää.

7.1 Laatumerkintöjen perusta

EOTA (*European Organisation for Technical Approvals*) eli vapaasti suomennettuna Eurooppalainen teknisen hyväksynnän järjestö) on määrittänyt vaatimuksia, jotka eristerappausjärjestelmän tulee aina täyttää. Eristerappausjärjestelmä on tarkastettava Eurooppalaisen teknisen hyväksynnän ohjeen (*European Technical Approval Guidelines*) ETAG 004 (*External thermal insulation composite systems with rendering*) mukaisesti ja täytettävä annetut kriteerit. Tällöin tuote saa CE-merkinnän ja sitä voidaan käyttää. Joillain rakennustuotteilla ei vielä ole olemassa harmonisoitua tuotestandardia, jolloin tuotteelle voidaan hakea CE-merkintää ETA:n eli eurooppalaisen teknisen hyväksynnän perusteella. [1,s 20.]

Kuitenkin suomalaisissa luonnonoloissa ETAG 004 mukainen pakkaskestävyyden testaus ei ole riittävä, vaan Suomessa käytettävän eristerappausjärjestelmän ja laastien tulee läpäistä TTY:n suorittamat sulamis- ja jäätymiskokeet. [1,s 21.]

ETAG 004 mukaan tarkastettavat ominaisuudet

Koko ohutrappaus-eristejärjestelmälle on tehtävä seuraavat kokeet ETAG 004 mukaisen CE-merkinnän saamiseksi.

Koko järjestelmältä on tutkittava

- palo-ominaisuudet
- vedenimukyky
- vedenpitävyys
- pakkaskestävyys (huom. Suomen ilmanoloissa käytettäville järjestelmille on tehtävä tarkemmat kokeet, Ks. *Pakkaskestävyyden testaus*)
- iskunkestävyys
- vesihöyryn läpäisevyys
- tartuntalujuudet eri kerrosten välillä
- kiinnikkeiden kestävyys
- tuulikuorman kestävyys

- lämmönjohtavuus.

Rappauslaastit ja pinnoitteet testataan osana koko rappausjärjestelmää. Tällöin saadaan paremmin lopullista rakennetta vastaavat tulokset. [1, s.21.]

Lämmöneristeen ominaisuuksista on testattava

- palo-ominaisuudet
- vedenimukyky
- vesihöyrynläpäisevyys
- vetolujuus
- leikkauslujuus
- lämmönjohtavuus.

Lasikuituisen rappausverkon repeytymislujuus ja alkalinkestävyys on testattava, samoin kiinnikkeiden ankkurointikapasiteetti [1, s.21].

Pakkasenkestävyyden testaus

Koko rappausjärjestelmälle ja pelkästään laasteille on määritetty testit, jotka Suomessa käytettävien tuotteiden tulee läpäistä hyväksytysti. Näitä testejä tekee Suomessa mm. Tampereen teknillinen yliopisto (TTY).

Laastien pakkasenkestävyys testataan 40x40x160 mm³ laastiprismoilla eli laastista tehdyillä kulmikkailla lieriöillä, joiden huokoset täytetään kapillaarisesti vedellä. Kokeessa jäädytysulatusrasitus toteutetaan vähintään 50 peräkkäisellä jäädytys- ja sulatus kerralla -15 °C ja +20 °C välillä. [1,s. 22.]

Koko ohutrappausjärjestelmän säärasituskokeet tehdään vähintään 6 neliömetrin kokoisella seinällä, joka kastellaan perusteellisesti, jäädytetään -20 °C, sitten lämmitetään +60 °C:een. Rappausjärjestelmän on kestävä vähintään 100 peräkkäistä jäätymissulamissykliä. [1,s. 22.]



Kuva 5. Seinän koepalan on oltava tarpeeksi suuri. (kuva Jommi Suonketo) [1,s.22]

Pakkastesteihin tehtävä seinä rakennetaan ja rapataan valmistajan ohjeiden mukaisesti, kuten kuvassa 5. Kun säärasituskokeet kokeet on suoritettu hyväksytysti, kyseinen järjestelmä voidaan ottaa turvallisesti käyttöön Suomessa.

7.2 Laatuksiteerien raja arvoja

Rakennuksen paloluokitus

Rakennus määritetään paloluokkaan P1, P2 tai P3, Rakennusmääräyskokoelman E1, 3 Rakennuksen paloluokka -mukaisesti.

P1 luokka on tärkein luokka, ja siinä rakennuksen sortuman tulee palon aikana olla estetty. P2 luokassa olevalla rakennuksella kantavien rakenteiden palotekniset vaatimukset voivat P1 luokkaa olla huonompia, mutta pintaosien ominaisuuksille on asetettu vaatimuksia riittävän turvallisuustason saavuttamiseksi, lisäksi rakennuksen kokoa ja henkilömääriä on rajoitettu käyttötavasta riippuen. P3 luokka koskee pääsääntöisesti vain enintään 2-kerroksisia pientaloja. [17,s.10.]

P2 paloluokan rakennukset ovat yleensä alle 2-kerroksisia, mutta asuin ja työpaikkarakennukset voivat olla korkeintaan 8-kerroksisia. Käytännössä kerrostalojen paloluokitus on joko P1 tai P2, nämä määrittävät käytettyjen materiaalien paloluokituksia.

Materiaalien paloluokitukset

Eri materiaaleilla on erilaiset palamisominaisuudet, kuten esimerkiksi savunmuodostus tai pisarointi. Käytettävä ohutrappausjärjestelmä on valittava niin että se täyttää määräykset.

Rakennusmääräyskokoelman E1 kohta 8.3 määrittää ulkoseinille käytettäväksi P1 luokan rakennuksille pääosin vähintään B-s1,d0-luokan rakennustarvikkeita. Sama suomeksi: B tarkoittaa tarvikkeita, joiden osallistuminen paloon on hyvin rajoitettu, s1 kuvaa rajoitettua savunmuodostusta ja d0 tarkoittaa, ettei palavia pisaroita saa esiintyä. Mikäli käytetään tätä luokitusta huonompia rakennusjärjestelmiä tai -tarvikkeita, on palon leviäminen estettävä sekä eristeeseen, että palo-osastosta ja rakennuksesta toiseen. [17,s.3; 1,s.119.]

Mineraalivillalla eristetty ohutrappausjärjestelmä täyttää A-s1,d0 luokituksen, joka on vielä parempi kuin B-s1,d0-luokka. P1 luokan rakennuksiin voidaan kuitenkin käyttää paloteknisen toimivuuden kannalta testattuja ohutrappaus-eristejärjestelmiä. Esimerkiksi: testattuun ohutrappausjärjestelmään kuuluva vaikeasti syttyvä EPS-lämmöneristerakenne, joka on ohutrapattu, voi täyttää B-s1,d0-luokan vaatimukset. Tällöin kyseessä on paloteknisesti hyväksyttävä rakenneratkaisu. Palomääräysten soveltamisesta käytäntöön esimerkiksi suojauskäytäntöjen soveltuvuuden osalta päättää aina paikallinen paloviranomainen. [1,s.119,s.34.]

Kaupungin rakennusvalvontaviranomainen määrittää käytännössä tarvittavat palomääräykset ja ohjeet, jolloin materiaalien käyttö on käytännössä kuntakohtaista. Esimerkiksi palon leviämisessä EPS-lämmöneristeen sisällä on käytössä sekä mineraalivillakaistalla suojattavat ikkunoiden yläreunat, joillakin paikkakunnilla. Toisaalla 100 mm EPS-eriste rappauksen alla on hyväksytty riittäväksi, kun rappauksen palonkestävyys on riittävä kuten liitteessä 1 olevassa Esko Mikkolan asiantuntijalausunnossa. Helsinki Espoo ja Vantaa eivät vielä ole julkistaneet yhteistä käytäntöä EPS-eristeen käytöstä, vaan esimerkiksi Helsingissä, ei ranta ilmastossa, voidaan ulkopuolinen EPS-eristys tehdä liitteenä (liite 1) olevan asiantuntijalausunnon mukaisesti. [18.]

Iskunkestävyys

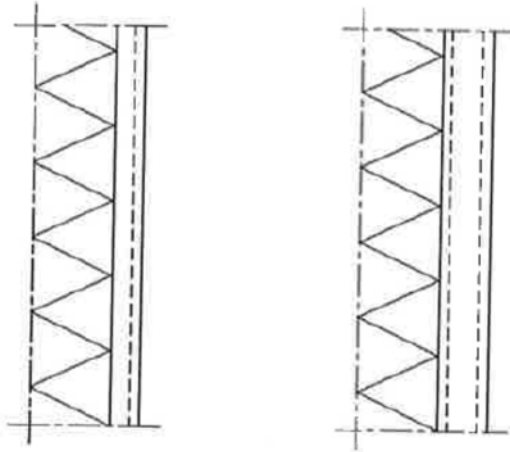
Ohutrappaus ei kestä iskuja yhtä hyvin kuin esimerkiksi betoniseinä. Tämä johtuu yksinkertaisesti siitä, että rappaus on paksuimmillaankin vain sentin paksu, eikä sen takana ole tavallisen rappauksen tapaan betoni- tai tiilirakennetta, vaan lämmöneriste. ETAG 004:ssä on määritetty eristerappausjärjestelmän luokitukset iskunkestävyyden suhteen. Käyttöluokkia on kolme.

- Käyttöluokkaan I kuuluva eristerappausjärjestelmä kestää 10 joulen iskun ilman näkyviä pinnan vaurioita.
- Käyttöluokkaan II kuuluva eristerappausjärjestelmä kestää 10 joulen iskun ilman läpileikkautuvia vaurioita, mutta iskun jälki saa näkyä.
- Käyttöluokkaan III kuuluva eristerappausjärjestelmä kestää 3 joulen iskun ilman läpileikkautuvia vaurioita, mutta iskun jälki saa näkyä.

[1,s. 27.]

Seinäalueet jaetaan käyttöluokkiin sen perusteella, kuinka alttiita ne ovat iskuille, esimerkiksi alimman kerroksen katujulkisivut on suunniteltava käyttöluokkaan I. Muut seinäalueet, jotka mahdollisesti voivat altistua potkuille tai tavaroiden heittelylle kuuluvat käyttöluokkaan II. Ne seinän alueet, jotka eivät todennäköisesti tule altistumaan ihmisten aiheuttamille iskuille tai tavaroiden heittelylle, kuuluvat käyttöluokkaan III. [1,s. 27.]

Ohutrappauksen iskunkestävyyttä voidaan parantaa kaksinkertaisella verkotuksella, jossa rappausverkko sijoitetaan, sekä lähelle rappauksen ulkopintaa, että lähelle eristeen puoleista pintaa. Kuvassa 6 sisempänä seinässä oleva verkko asennetaan ennen varsinaista verkotuskerrosta. Toinen tapa parantaa iskunkestävyyttä on käyttää orgaanisia laasteja, jotka ovat taipuisampia johtuen sideaineiden ominaisuuksista. [1,s.38.]



Kuva 6. Vasemmalla on tavallisesti verkotettu rappaus, oikealla taas kaksoisverkotettu rappaus. [5,s.1231]

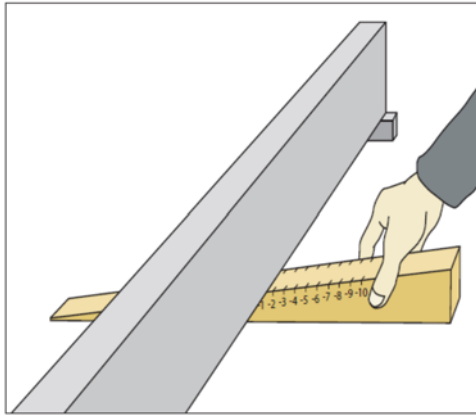
Pinnan tasaisuus

Rappauspinnan tasaisuus mitataan RT ohjekortin RT 14-10373 mukaisesti kiila ja mitalauta -menetelmällä kuvan 7 mukaisesti. Ohutrappaus-eristejärjestelmien pinnan tasaisuudelle on 2000 mm mittausmatkalle annettu pääsääntöiseksi ohjearvoksi taulukosta 1, luokan 2 arvot, ellei työselostuksessa toisin ole mainittu. [1,s.187;19.]

Taulukko 1. Rappauspinnan tasaisuuden luokitukset. [1,s.187]

Mittauspituus [mm]	Suurin sallittu poikkeama [mm]		
	Luokka 1	Luokka 2	Luokka 3
2000	±3	±5	±7

Valmiin rappauksen suoruus mitataan ennen pinnoitusta myös RT ohjekortin RT 14-10373 mukaisesti. Mittauksissa satunnaisesti valittuja mittalinjoja on oltava riittävästi, ottaen huomioon kohteen koko ja muut ominaisuudet, mutta vähintään 6 mittalinjaa. [1,s.187]



Kuva 7. Tasaisuuden mittaaminen RT-ohjekortin RT 14-10373 mukaisesti kiila ja mittalauta menetelmällä [19].

Halkeilu

Ohutrappausjärjestelmälle on määritetty halkeiluluokaksi luokka 1, joka tarkoittaa sitä, että siihen syntyvän halkeaman leveys saa olla 0,05 mm ja 0,1 mm välillä. Lisäksi halkeamat eivät saa olla pidempiä kuin 1000 mm eikä niitä saa olla kuin 1 kappale neliometriä kohden. Pinnan on tarkastushetkellä oltava vähintään 1 kk sitten valmistunut ja lämpimämpi kuin 0°C. Tarkasteltavan pinnan koko täytyy olla yli 3 x 3 m². [1,s.188.]

Verkon sijainti

Rappausverkon sijainti vaikuttaa olennaisesti rappauksen kestävyYTEEN. Se asennetaan rappauksen sisään sitomaan rappaukseen tulevia vetojännityksiä, samankaltaisesti kuin teräsbetonin rauditus.[1,s.189.]

Eri valmistajat antavat oman ohutrappausjärjestelmänsä kuvauksessa ohjeeksi eri sijainteja rappausverkolle. Stotherm Classic -eristerappaus menetelmäkuvaussessa ohjeistetaan painamaan lasikuituverkko märkään laastiin. Verkon sijainniksi ohjeistetaan ulompi kolmannes verkotuslaastin paksuudesta, kun taas Tikkurilan Finngard-eristerappausohjeessa ohjeistetaan, että verkon tulee sijaita aivan laastikerroksen ulkopinnassa. Fescoterm-eristerappausjärjestelmän ohjeessa sanotaan, että verkon tulisi sijaita verkotuskerroksen puolella välissä. [12;4;6.]

Eristeille annettuja raja-arvoja

EPS-eristeen lujuusvaatimukset: Puristuslujuuden tulee olla ≥ 70 kPa. Vetolujuuden tulee olla sekä liima- että mekaanisella kiinnityksellä ≥ 100 kPa. Lämmöneristeen leikkauslujuuden tulee täyttää ≥ 50 kPa arvo. [1,s.190.]

Levymäisen mineraalivillan lujuusvaatimukset levymäiselle eristeelle: Puristuslujuuden tulee olla ≥ 40 kPa. Vetolujuuden tulee olla mekaanisella kiinnityksellä ≥ 15 kPa. Lämmöneristeen leikkauslujuuden tulee täyttää ≥ 20 kPa arvo. Lamellimaiselle mineraalivillaeristeelle puristuslujuuden tulee myös olla ≥ 40 kPa. Vetolujuuden tulee olla liimakiinnityksellä ≥ 80 kPa. Lämmöneristeen leikkauslujuuden tulee täyttää ≥ 20 kPa arvo. [1,s.190.]

Lämmöneristeen kiinnitysalustan tasaisuuden vaatimuksista on huomioitava, että pääsääntöisesti yli 5 mm epätasaisuudet on poistettava tai tasoitettava. Jos rappauspinnan tasaisuusvaatimus eroaa tästä, on lämmöneristeen alustan tasaisuusvaatimus ± 2 mm rappauspinnan tasaisuusvaatimuksesta. [1,s.190.]

Asennetun lämmöneristeen vaatimuksia: Levyjen vähimmäislimitys on oltava 100 mm myös nurkkien ja aukkojen kohdilla, lamellieristeiden vähimmäislimitys on 200 mm. Eristeiden väline rako saa maksimissaan olla alle 3 mm ja ulkopinnassa saa olla hammastusta enintään 1/3 koko rappauskerroksen paksuudesta, ks. *rappauspinnan tasaisuus*. [1,s.190.]

7.3 Menetelmät

Ratu-kortti F31-0343 (Ulkoseinän eristerappaus) kertoo, kuinka eristerappausprojekti etenee.

Ennen työmaan aloittamista

Työn toteutukseen liittyvät asiat sovitaan aloituspalaverissa ennen kuin työtä on aloitettu. Aloituspalaverissa on käyty läpi ja kirjattu julkisivun purkamisen ja eristerappauksen aikataulu, sekä sovittu mallityökäytännöstä, joka By 57:n mukaan on 2×2 m² ja kun pinnan struktuuria ja väriä valitaan, niin vähintään 1 m². [16,s.5;1,s.54.]

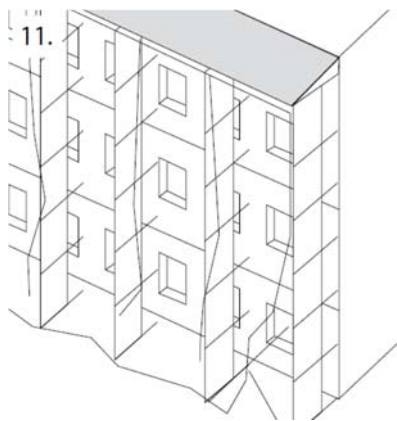
Aloituspalaverissa on myös varmistettava, että käytössä on tuoreimmat suunnitelmat ja suunnitelma-asiakirjat kuten työselostus, käyttöturvallisuustiedotteet ja valmistajan ohjeet. Korjausrakentamisessa suunnitelmien mitat on tarkastettava työmaalla paikkansa pitäviksi. asiakirjojen perusteella sovitaan käytettävät menetelmät ja varmistetaan, että käytettävät materiaalit soveltuvat valittuihin menetelmiin. [16,s.5.]

Työmaan sujuvuuden kannalta on varmistettava, että korjaustyön limitys muuhun työhön on mahdollisimman keskeytyksetön. Lisäksi on huomioitava käytännön järjestelyt kuten, että rakennuksen käyttäjille on ilmoitettu hyvissä ajoin purku ja korjaustyöstä ja siihen liittyvistä järjestelyistä, tai että tarpeeton kulku työmaalle on estetty. [16,s.5.]

Muita aloituspalaverissa läpikäytäviä asioita ovat työturvallisuus, työkohteen valmius ja korjattavat asiat, aikataulu ja välitavoitteet, menetelmien ja suunnitelmien toteutuskelpoisuus, materiaalit ja kalusto, laatuvaatimukset sekä laadunvarmistusasiat, olosuhteiden asettamat vaatimukset ja suojaukseen liittyvät vaatimukset. [16,s.5.]

Työmaan valmistelu

Jos eristerappaus tehdään niin, että vanha rakenne puretaan, on purkutyössä huolehdittava erityisesti työturvallisuudesta ja pölyntorjunnasta. Työntekijät on perehdytettävä työhön sekä työkohteeseen. Lisäksi henkilökohtaisten suojavarusteiden täytyy olla kunnossa. Purkutyön pölyntorjunta on suunniteltava etukäteen, esimerkiksi valitsemalla vähän pölyäviä menetelmiä ja estämällä pölyn leviäminen suojamuovein ja -seinin, kuten kuvassa 8. Asbesti-, PCB- ja lyijykartoituksen perusteella saadaan selville, kuinka purettavat materiaalit täytyy hoitaa. Esimerkiksi asbestia sisältävät materiaalit purkaa valtuutettu asbestipurku-urakoitsija. Lyijy- ja PCB-pitoisia materiaaleja purettaessa tulee käyttää henkilökohtaisia suojaimeja, sekä kohdepoistolla varustettuja työkoneita. Purkujäte on silloin ongelmajätettä. [16,s.6.]



Kuva 8. RT kortin kohta 11. Työmaan suojaamisen periaatekuva [16,s.6].

Ohutrappaus-eristejärjestelmä tehdään usein vanhan kuorielementin päälle niin, että sen kiinnitys varmistetaan kiinnitysankkurein. Tällöin työmaa ei kärsi purkutyön aiheuttamista rasitteista, kuitenkin rappaustyössä tarvittavat suojat ja jälkihoito velvoittavat rapattavan kohteen suojaamista liialliselta tuulelta ja auringonpaahteelta sekä pakka- selta tasalaatuisten olosuhteiden varmistamiseksi. Työskentelyn ja jälkihoidon olosuh- teita on seurattava päivittäin rappaustyön ajan ja tiedot on kirjattava työmaapäiväkir- jaan. [16,s.6;1,s.52.]

Kalusto ja materiaalit tulee tarkastaa ennen käyttöä. Materiaalin on oltava käyttökel- poista ja esimerkiksi laastien ja pinnoitteiden parasta ennen päivämäärät tulee tarkas- taan. EPS-eristeen valu- ja leikkaamispäivien väli tulee tarkastaa, että riittävä jälkikutis- tuma-aika on täyttynyt. Lisäksi materiaalien varastoinnissa on oltava huolellinen ja ne on säilytettävä sateelta suojattuna ja irti maasta. Valmistaja ilmoittaa materiaaleille säi- lytystä koskevat asiat materiaalikohtaisesti. Käytettävän kaluston tulee olla soveltuva aiottuun työhön. Koneet ja laitteet on sijoitettava niin, ettei niistä aiheudu vaaraa käyttä- jille tai muille työntekijöille. Työkohteen olosuhteiden on oltava soveltuvia käytettäviin materiaaleihin ja työtapoihin, esimerkiksi rappaustyössä materiaalien, pintojen ja ilman lämpötilan on oltava vähintään +5 °C. [16,s.6.]

Ennen työn aloittamista on varmistettava, että suojaukset ovat toimivat, ja että kulku- reittien yläpuolella on suojat mahdollisia putoavia esineitä ja pölyä varten. Työmaalla säilytettävät istutukset ja ulkorakenteet on suojattava myös. [16,s.6.]

Työnteon aloitus

Suojauksen jälkeen jatketaan poistamalla työstettävästä julkisivusta suunnitelmien mukaiset julkisivuvarusteet, kuten syöksytorvet, kilvet ja valaisimet. Liitokset suojataan. [16,s.6.]

Ikkunoiden vesipellit poistetaan ja parvekkeen kaiteet käsitellään suunnitteluasiakirjojen mukaisesti. Kaiteita voidaan joutua esimerkiksi lyhentämään. Seinät puhdistetaan joko harjaamalla tai kevyellä painevesipesulla. Ulkoseinän saumojen ja liittyvien rakennosien haitallinen kastuminen on vältettävä, lisäksi on huolehdittava siitä, että rakenne saa riittävän kuivumisajan. Epätasaisuudet tasoitetaan järjestelmätoimittajan ohjeen mukaisesti, joko rappamalla tai villasullonnalla. Rakenteiden kiinnitys vahvistetaan rakennesuunnitelman mukaisesti, esimerkiksi pulttaamalla. [16,s.7.]

Ennen lämmöneristeiden kiinnittämistä tarkastetaan, että niiden kiinnitysalusta on määreysten, suunnitelma-asiakirjojen ja ohjeiden mukaiset. Mikäli kiinnitysalustasta löytyy puutteita esimerkiksi kiinnityksessä tai tasaisuudessa, on ne korjattava, tarkastuksen tulokset kirjataan muistiin. Rakenteelliset liikuntasaumat merkataan, jotta niihin muistetaan laittaa oikeanlainen saumarakenne. [16,s.6.]

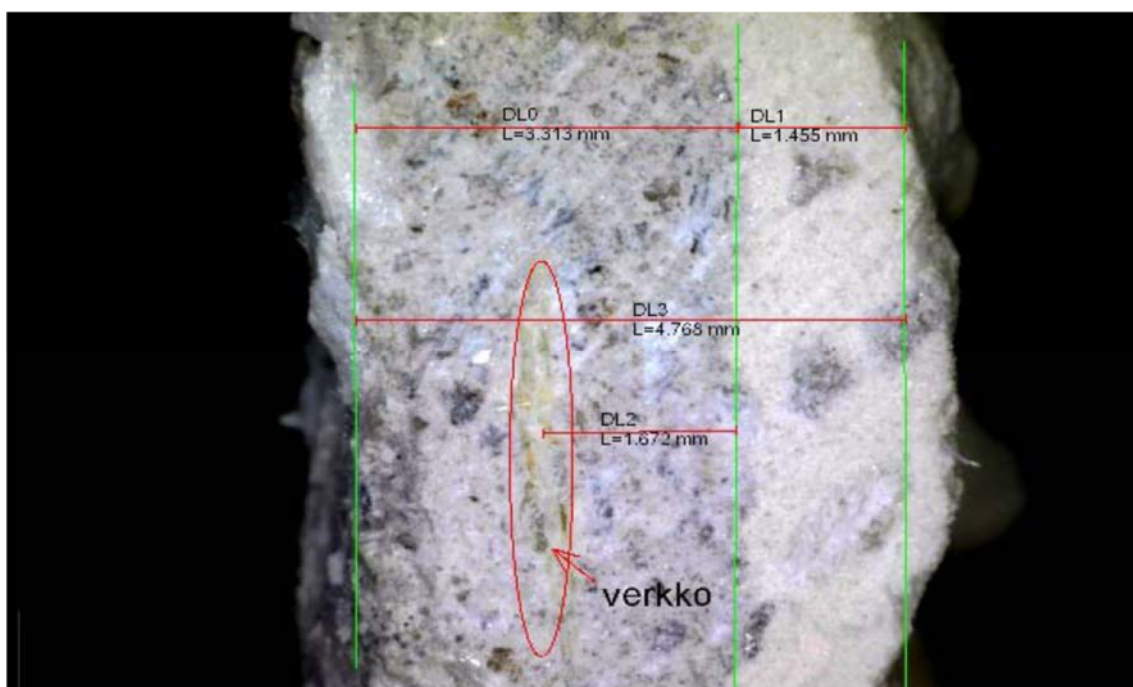
Julkisivun sokkelilinja vaaitaan vaakatasoon vaaituskojeen tai laserin avulla. Sokkeliliinjan kiinnitetään alaohjauslista, joka rajaa vanhan sokkelin ja uuden eristerappauksen toisistaan. Eristelevyjen asentaminen aloitetaan listalta. listojen kiinnityksessä on huomioitava, että jatkoskohtiin jätetään rako lämpöelämistä varten. [16,s.6.]

Eristystyö toteutetaan eristerappausjärjestelmävalmistajan ohjeiden mukaisesti liimamalla ja kiinnikkein, yleensä levittämällä liima tasaisesti eristelevyyn ja painamalla se seinää ja muita eristeitä vasten tiiviisti. Asennuksessa on huomioitava, että eristelevyt limitetään myös aukoilla ja nurkissa. Liimaamisessa on muistettava henkilökohtaiset suojavarusteet. Liimaamisen jälkeen eristelevyjen kiinnitys varmistetaan lisäkiinnikkein. Heikoissa kohdissa voidaan käyttää niin kutsuttua listakiinnitystä, tässäkin noudatetaan valmistajan ohjeita. [16,s.8;1,s.46.]

Liikuntasaumat toteutetaan suunnitteluasiakirjojen mukaisesti joko profiililistoilla tai saumanauhoilla ja massoilla eristeosan läpi [16,s.8].

Lisävahvistaminen toteutetaan järjestelmätoimittajan ohjeen mukaisesti. Ovien ja ikkunoiden aukkojen nurkat sekä rapattavat sisä- ja ulkonurkat vahvistetaan vahvistusverkolla, joka kiinnitetään ohuella kerroksella verkotuslaastia. (Kts. kohta 6.2 Verkot, kiinnikkeet ja listat). Ikkuna- ja ovikarmeihin ja muihin pieniliikkeisiin saumoihin tehdään liitossaumat saumanauhoilla tai -massoilla. [16,s.10.]

Lasikuituvahvistettu pohjalaasti, eli verkotuslaasti, levitetään lastalla tai laastiruiskulla valmistajan ohjeen mukaisesti. (kts. 7.2. Laatuksiteerien raja-arvoja, verkon sijainti.) Verkon sijainti verkotuslaastikerroksessa on oltava $1/2 - 1/3$ syvyydellä ulkopinnasta mitattuna. Verkko limitetään 100 mm myös vahvikkeiden päälle. [16,s.10;1,s.52.]



Kuva 9. Mikroskooppikuvasta saa mitattua paksuudet ja verkon sijainnin [HSSR Oy].

Rappauskerroksen paksuutta ja verkon sijainnin oikeellisuutta tarkastetaan työn aikana. Kerroksen paksuuden voi arvioida laastikammalla avaamalla. Verkon sijainti tarkastetaan laastin kuivuttua, seuraavana päivänä 20 mm rasiaporalla poratusta kiekosta. Näytteitä otetaan yksi jokaista sataa neliometriä kohden. Mikäli verkko on liian syvällä, on hyvä tarkentaa vikainen alue lisänäytteillä. Tilanne korjataan lisäämällä pintaan toinen verkotuslaastikerros, johon upotetaan toinen verkko. Kun tehdään ohutrappausta

EPS-eristeen päälle, kuluu verkotuslaastia vähemmän kuin mineraalivillan päälle tehtäessä, koska pinta on tasaisempaa. [16,s.11;1,s.52.]

Onnistuneen verkotuskerroksen jälkeen tehdään pinnoitus. Se tehdään valmistajan ohjeen mukaisesti tuotekohtaisen mahdollisen pohjustusaineen eli primerin jälkeen. Pintalaasti voidaan levittää alustaansa joko teräslastalla tai koneellisesti ruiskuttamalla. Pinta muotoillaan puu-, muovi- tai teräshiertimellä. [16,s.11.]

Aina rapattaessa on muistettava varmistaa, että olosuhteet ovat sopivat, esimerkiksi, että laastit eivät pääse kuivumaan liian nopeasti auringonpaisteessa ja tuulella. Valmis laasti suojataan muovisuojauksella aurinkoa ja tuulta vastaan. Tarvittaessa valmiita pintoja pidetään kosteina vesisumutuksella 1-3 päivää olosuhteista riippuen. Myös jälkihoidon aikana tulee pinnan olla vähintään +5°C lujuuden kehittymiseksi ja jotta pakkasen ja jäätyminen eivät pääse rapauttamaan laastia. [16,s.11.]

Resurssit

Työmaalla työmiesten tarve vaihtelee, RT-ohjekortin mukaan on mahdollista laskea kuinka monta työtuntia urakkaan kuluu. RT-ohjekortti neuvoo muuta työtä suorittamaan yhden rapparin ja yhden rakennusmiehen, ja rappaustilanteessa kaksi rapparia. Työtunnit lasketaan sen perusteella. Ohutrappauksen verkotuskerrokseen tarvitsee käytännössä kolme työmiestä, joista yksi ruiskuttaa, yksi kimpaa ja yksi asentaa verkon. Näin laatu on tasaisempaa, ja työ nopeampaa. Tämä myös edellyttää, että tilaa on riittävästi, esimerkiksi telineillä. [16,s.1.]

8 Suunnitteluohjeet

Tässä luvussa käydään läpi erityisesti rakenteen suunnitteluun liittyviä asioita, jotka EPS-eristevälille tehtyyn ohutrappaukseen kuuluu ottaa huomioon.

8.1 Valmistava suunnittelu

Kosteustekninen suunnittelu

Ohutrappausjärjestelmällä tehdyissä julkisivuissa ei pinnan alla ole tuuletusrakoa. Tämä tarkoittaa sitä, että ainoa vaihtoehto rakenteen kuivumiselle on diffuusion (eli veden liike rakenteen sisällä) kautta rakenteen läpi. Jotta seinärakenne toimisi kosteusteknisesti oikein, on rakenteen sisään pääsevä kosteus määrä pyrittävä minimoimaan sekä kuivumisen rakenteen läpi ulos oltava mahdollisimman nopeaa. Kuivumisen mahdollistamiseksi on lämmöneristeen ja rappauksen yhdistelmä oltava riittävän vesihöyryn läpäisevä. Jos ohutrappausta joudutaan esimerkiksi graffitien tai muun takia pinnoittamaan uudelleen tai maalaamaan, on syytä huolehtia, että kosteustekniset ominaisuudet säilyvät. [1,s. 29.]

Lisäeristysmateriaalit on valittava pohjarakenteen mukaan niin, että lopullinen rakenne on kosteusteknisesti toimiva. Betonirakenteisen seinän lisäeristämiseen EPS-eristeellä on yleisesti käytetty vaihtoehto. Jos lähdetään suunnittelemaan harvemman rakenteen, kuten puu tai kalkkihiekkatiili, lisäeristystä eristerappauksella, on tehtävä kosteustekninen mallinnus, jotta varmistutaan oikeanlaisesta ja terveestä rakennustavasta.

Työnaikaisella suojauksella, rappauksen halkeilun hallinnalla (*kts. kohta 8.1 Valmistava Suunnittelu, Halkeilu*), liitoskohtien tiiviydellä sekä pinnoitteen valinnalla voidaan vaikuttaa veden pääsyyn rakenteen sisään. Rakenteen kuivumiseen voidaan vaikuttaa työnaikaisella sääsuojauksella, vesihöyryä läpäisevällä pinnoitteella ja laastilla sekä lämmöneristeen vesihöyryn läpäisevyydellä. [1,s. 29.]

Käytännössä, jos ohutrappausjärjestelmä on läpäissyt TTY:n säänkestävyyskokeet hyväksytysti (*kts. 7.1 Laatuksiteerien perusta, Pakkaskestävyyden testaus*), rakenne on kosteusteknisesti toimiva.

Näin varmistutaan siitä, että rakenne pääsee kuivumaan kun sään aiheuttamat olosuhteet kastelevat tai kostuttavat sitä, eikä pakkanen pääse aiheuttamaan vaurioita.

Lämpötekkinen suunnittelu

Lämpötekkinen suunnittelu tehdään käytännössä suunnitteluohjelmilla, joilla saadaan laskettua esimerkiksi kiinnikkeiden tai ikkunoiden aiheuttamat kylmäsillat. Näin voidaan varmistua siitä, ettei rakenteen sisällä synny sellaisia olosuhteita, jossa kosteus tiivistyy rakenteen sisään haitallisessa määrin.

Rakennusmääräyskokoelmassa on annettu korjausrakentamiselle U-arvon parannusvaatimus. Tämän mukaan, kun rakennuksen lämpöhäviötä pienennetään, on vaatimuksena määräysten mukainen $0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$. Jos tämä ei rakenteellisesti tai taloudellisesti ole järkevää voidaan nykyinen rakenteen U-arvo puolittaa. [15.]

Rakenteellisesta korjaus- ja muutostyöstä on tehtävä energiaselvitys rakennusvalvontaviranomaiselle. Siinä käydään läpi rakennuksen energiatehokkuuden parantamisvelvollisuuden täyttäminen sekä sen osoittaminen suunnitelmallisesti. Vaaditut lämpötekniset laskelmat voidaan tehdä laskentaohjelmalla, esimerkiksi DofLämpö tai Wufi. Laskelmissa tulee huomioida paikkakuntaan kohtaiset vuotuiset olosuhteet, sekä käytettävien materiaalien ominaisuudet. Energiaselvitykseen tulee merkitä mitä muutos- tai korjaustyöt koskevat, sekä rakenteellisesti, että teknisten järjestelmien osalta. [20.]

Tuulikuormat

Rakenteen suunnittelussa ja ohutrappausjärjestelmän valitsemisessa on otettava huomioon tuulen aiheuttamat kuormitukset ja materiaalien kestävyys. Tuulen paine antaa raja-arvot erityisesti lämmöneristeen puristuskestävyydelle. Rakennuksen nurkissa tuuli aiheuttaa imua, joka vetää rappausta ulospäin seinästä. Rappausjärjestelmän, erityisesti lämmöneristeiden kiinnityksen, tulee kestää kyseiset tuulivoimat. Tuulikuorman laskennallinen voimakkuus määräytyy rakennuksen korkeudesta, sijainnista ja muodosta. [1, s. 25.]

Ohutrappausjärjestelmälle ETAG 004 mukainen vetolujuuden vähimmäisarvo on EPS-eristeelle 100 kN/m^2 riippumatta siitä onko se kiinnitetty seinään liimaamalla vai kiinnikkein. Mineraalivillalle annetut vetolujuuden vähimmäisarvot ovat levymäiselle mineraalivillalle mekaanisella kiinnityksellä 15 kN/m^2 ja lamellimaiselle liimauskiinnityksellä 80 kN/m^2 . Laastin tartuntalujuuden vähimmäisarvo eristeeseen on 80 kN/m^2 ja eristeen tartunta kiinnitysalustaansa 250 kN/m^2 . [1, s. 190.]

Myös kiinnitystulppien tulee täyttää tuulikuorman vaatimukset ja niille tulee tehdä veto-rasituskokeet. Kokeita tehdään 10 kappaletta eri puolilla kohteen julkisivuja, jotta kiinnityksen laadusta voidaan varmistua. Kiinnitystulpan vetolujuuden tulee ylittää 0,5 kN:n vähimmäisarvo.

Oma paino

Kun seinän ulkopintaan lisätään lämmöneristettä ja rappaus, seinän paino kasvaa. Tämä on huomioitava erityisesti kun lisälämmöneristys suoritetaan ns. sandwich-elementin ulkopintaan, jolloin vanhoille kiinnikkeille johtuu lisäkuormaa. Ohutrappauskerroksen omapaino on tyypillisesti noin 0,2kN/m² luokkaa. Lämmöneristeen laatu ja paksuus vaikuttavat merkittävästi lopulliseen alkuperäiselle rakenteelle tulevaan mahdolliseen lisäpainoon. [1, s. 27.]

Mekaaninen kestävyys

Suunniteltaessa rakennuksen tulevaa rappausta, sen pinnat on luokiteltava iskunkestävyyden mukaan, tämä määrittää esimerkiksi lisäverkotuksen tarpeen sekä sen, minkä suuruisia iskukuormia valmiin rakenteen tulee kestää, ja kuinka hyvin. *Kts kohta 7.2 iskunkestävyys.* Julkisivuun liitettävien varusteiden, kuten lamput, palotikkaat tulee olla kannatettuina rakennuksen rungosta. Stotherm-ohutrappausjärjestelmään kuuluu kiinnitysaluslevyjä, sekä niin kutsuttu spiraalikiinnike, jolla voidaan kantaa maksimissaan 3 kg kuorma. [12.]

Halkeilu

Ohutrappauksen halkeilun kannalta on tärkeää, ettei laastin vetolujuus ylitä rappausverkon vetolujuutta. Liian lujat laastit tai mahdollisesti liian paksu laastikerros voi aiheuttaa sen, ettei lasikuituverkko pysty siltaamaan seinälle tulevia voimia laastin mahdollisten, pientenkin, halkeamien yli. Tällöin syntyy leveitä halkeamia. Aukkojen nurkat ovat erityisen alttiita halkeilulle, joten niihin on aina laitettava lisäverkotus. [1,s.30.]

Koska ohutrappausjärjestelmät tehdään jäykkien lämmöneristeiden päälle, ovat ne käytännössä alustaansa lukittuja, jolloin rappauskerroksen kosteus- ja lämpöliikkeet eivät pääse jakautumaan rappauskerroksessa. Tämä tarkoittaa sitä, että ohutrappaus-

rakenteeseen ei tarvitse tehdä muita liikuntasaumoja kuin niille kohdille, jossa alusrakenteessa voidaan olettaa liikkumista. [1,s.30.]

Kohdassa 7.2 on mainittu halkeilun käyttöluokista. Ohutrappaukselle kriteereinä on luokan 1 vaatimukset.

Tasaisuusvaatimus

Jos rappaukselle ohutrappausjärjestelmässä annetaan tasaisuusvaatimus, on sen koskettava jo rappausalustaa, näin ollen, jo ennen eristämistä tehtävän, mahdollisen tasointustyön merkitys korostuu. Jos auringon ultraviolettisäteily on vahingoittanut seinälle asennetun eristeen pintaa, voidaan EPS eristeet tasata myös niiden hiomisvaiheessa.

Kohdassa 7.2 *Laatukriteerien raja-arvoja* on mainittu rappauspinnan tasaisuuden käyttöluokista. Ohutrappaus-järjestelmille kriteereinä on yleensä vaatimuksena +/- 5 mm ellei toisin suunnitelma-asiakirjoissa ole mainittu.

Detaljien suunnittelu

Julkisivun eristerappaus liittyy moneen rakenneosaan ja onkin erityisen tärkeää huomioida sekä suunnittelu-, että toteutusvaiheessa näiden liittymäkohtien onnistuminen. Loppujenlopuksi juuri ne ratkaisevat koko ohutrappaus-eristejärjestelmän rakenteellisen ja kosteusteknisen toiminnan. [1,s.59]

Räystäälle, sokkeliin, ikkunoille, katoksiin ja muihin rakenteisiin liittyvä ohutrappaus on suunniteltava kosteusteknisesti toimivaksi, mm. riittävillä ylösnostoilla ja kaadoilla, paisuvilla saumanauhoilla ja myrskypelleillä sekä rappauskulmilla. Asennusten oikeellisuus tulee suunnitella ja tarkastaa yksityiskohtaisesti. [1,s.60]

8.2 Työnaikainen suunnittelu

Työnaikaista suunnittelua ei teoriassa käytännössä pitäisi olla, koska suunnitelmat on tehtävä etukäteen. Jos laaduntarkkailussa huomataan virhe, esimerkiksi verkko liian pohjassa tai kerros liian ohut, on sen laajuus tutkittava ja korjaustavasta tehtävä suunnitelmat.

8.3 Vuodenajan vaikutukset

Kun lähdetään tekemään julkisivun parannusta ohutrappausmenetelmällä, on otettava huomioon vuodenajan vaikutukset.

Kesällä voi tuulla, paistaa aurinko tai sataa. Työssä aiemmin selvitetyn perusteella, tulee märät rappaukset suojata näiltä luonnonvoimilta, mahdollisimman hyvän lopputuloksen saamiseksi esimerkiksi muovein. Syksyllä, talvella ja keväällä on tuulen, auringon ja sateen lisäksi myös pakkasta. Rappaustyötä tehdessä pitää lämpötilan sekä rakenteessa, että materiaaleissa ja ilmassa olla yli +5°C, myös 2-3 päivän ajan työn valmistumisesta, jottei pakkanen aiheuta laastin rapautumista. Osaa liimalaasteista voi kyllä käyttää jopa – 10 °C pakkasessa.

9 Laadunvalvonta

9.1 Laadunvalvonnan muistilista

Työn laatua valvotaan työn edistyessä ja kirjataan työmaapäiväkirjaan.

Laadunvalvojan muistilista:

- Pohjan lisäkiinnitykset ankkurein. Elementtisaumojen tiiviyden varmistus.
- Pohjan tasaisuus ja alareunalista.
- Pintojen ja ilman lämpötilat, tuuli, auringonpaiste ja sade sekä näiltä suojautuminen.
- Eristeiden oikea limitys ja eristeen kiinnityksen varmistus. Tulppien vetokokeet.
- Eristeen pinnan tarkastus tasaisuuden ja UV-valon aiheuttamien vaurioiden osalta, hionta, rakojen pu-vaahdotus ja pölyn poisto.
- Vahvikeverkkojen ja diagonaaliverkkojen kiinnitys koko pinta-alaltaan. Ikunan alareunan viisteet. Rakenteelliset liikuntasaumat ja muut erikoisdetaljit tarkastetaan yksityiskohtaisesti. Detaljien tarkistus suunnitelmista.
- Verkotuslaastin paksuus ja verkon sijainti. Laatua valvotaan sekä työtä tehdessä, että poranäyttein kovettumisen jälkeen. 1 poranäyte / 100 m²,

tarvittaessa useammin. Näytteet ennen pinnoitusta, jotta vika on vielä korjattavissa.

- Jälkihoidon tarve ja kesto.
- Pinnoituskerroksen paksuus tartunta ja tasaisuus
- Julkisivuvarusteiden kiinnityksen oikeellisuus ja tiivistäminen.

9.2 Laadunvalvonnassa esiintyvät ongelmat

Ongelmana laadunvalvonnassa on se, että aikataulu painaa päälle, eikä korjauksia millään ehdittäisi tekemään. Myös sään vaihtelu antaa oman lisänsä esimerkiksi yöpakkasten muodossa. Näihin on kuitenkin varauduttava jo etukäteen.

9.3 Laadunvalvonnan välineet ja menetelmät

Laadunvalvonnan tärkein työkalu on silmät, mutta myös esimerkiksi lämpömittari, vetolujuuden mittaamiseen tarvittava välineistö. Sekä pinnan tasaisuuden mittaamiseen tarvittava välineistö, että verkon sijainnin mittaamiseen tarvittava välineistö tulee olla saatavissa työmaalle, kun niitä tarvitaan.

10 Ohutrappauksen laadun tutkiminen

10.1 Kohteen tiedot, (tutkimuskohteet ja syyt)

Esimerkkitapauksena on Myyrmäessä oleva kohde, jonka rakennusten päädyt on eristetty ohutrappausjärjestelmällä vuonna 2004 kesällä.

Kyseinen taloyhtiö sijaitsee Myyrmäessä ja rappauksen halkeilun takia annettiin toimeksianto tutkia syitä halkeiluun.

10.2 Tutkimusjärjestelyt, tutkimusvälineet ja menetelmät

Kohteeseen perehdyttiin ensin vanhojen suunnitelma-asiakirjojen pohjalta. Rakennusten päätyihin oli tehty EPS-eristeen päälle ohutrappaukset. Paikan päällä käytiin tekemässä katselmus, jossa havaittiin rappauksen olevan haljenneet. Julkisivuista tehtiin näytteenottokaaviot, joiden mukaan rappauksista otettiin rasiaporalla kustakin päädyistä kuusi näytettä kuva 10, EPS-eristeeseen asti. Kuvassa 11 näkyy yhden päätyseinän halkeilua ja näytteenottopaikka.



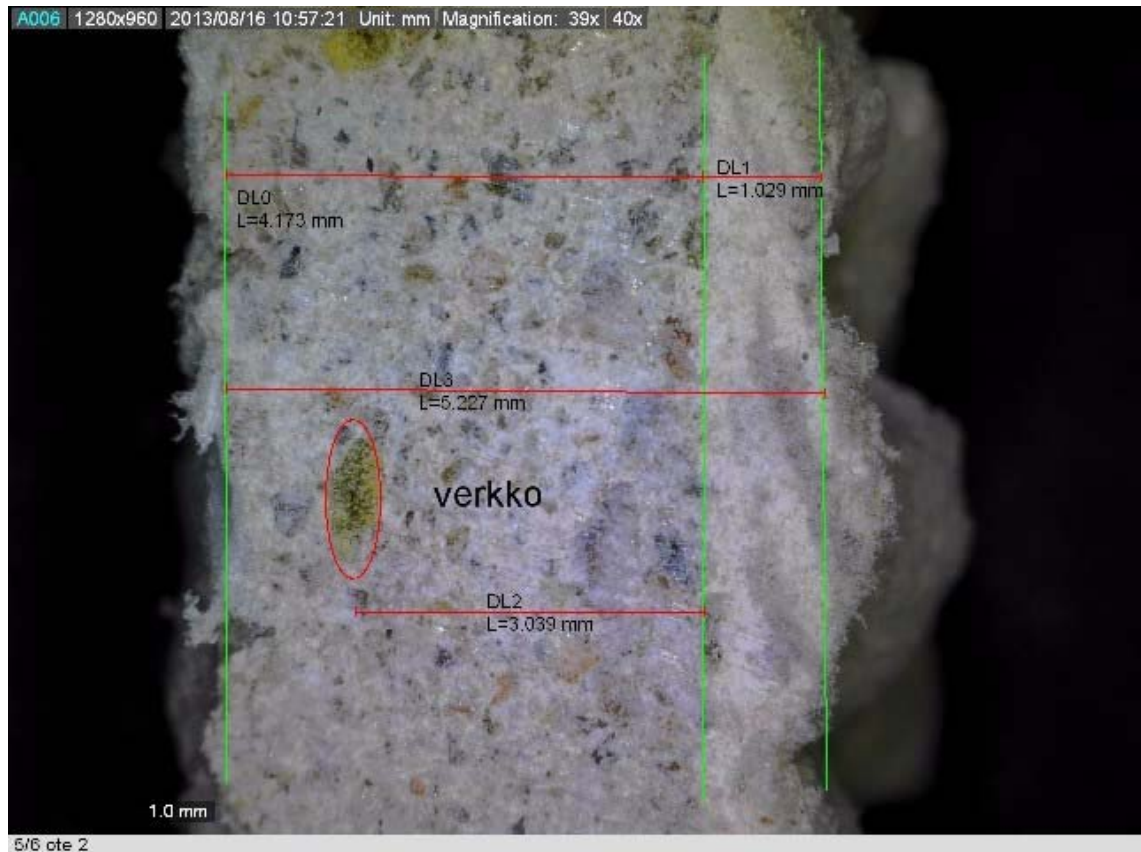
Kuva 10. Rasiaporalla otettu näyte seinästä numero 9 näyte 3. [HSSR Oy]



Kuva 11. Talo 5 päädyn halkeilua ja peitetty näytteenottoreikä. [HSSR Oy]

Saadut näytteet halkaistiin ja niiden tasaisesta leikkauspinnasta mitattiin näytteen paksuus, verkotuslaastin paksuus, pinnoituksen paksuus, sekä verkon syvyys verkotuslaastin ulkopinnasta. Näytteiden mittausta toteutettiin mikroskoopilla, jonka suurennus oli 40-kertainen. Mikroskooppi kalibroitiin jokaisen näytteen kohdalla.

Kustakin näytteestä otettiin kolme eri mittausta, eri kohdista näytettä, jotta näytteestä saatuja tuloksia voidaan pitää luotettavina. Näytteen sisäisistä mittaustuloksista koottiin taulukko, jonka avulla saatiin laskettua näytteen keskiarvoiset mittaustulokset. Kuvassa 12 näkyy näytteen mittausta mikroskoopilla.



Kuva 12. Näytteen mittaamista mikroskoopilla. DL0 on Verkotuskerroksen paksuus, DL1 on pinnoitteen paksuus, DL2 on verkon etäisyys pinnoitteen ja verkotuslaastin rajasta, DL3 on koko näytteen paksuus. Vasemmalla puolella näkyy jäämiä EPS-eristeestä. [HSSR Oy]

Jokaisen seinän näytteet kerättiin sitten yhteen taulukkoon, josta voi nähdä koko seinää koskevat prosentuaaliset osuudet verkon sijainnista sekä keskiarvot pinnoitteen, näytteiden ja verkotuskerroksen paksuuksista. Tämä taulukko on liitteessä 2.

10.3 Johtopäätökset

Rappauksen pääasiallisena halkeilun syynä voidaan pitää rappausverkon väärää sijaintia. Rappauksen halkeiluun vaikuttaa myös kosteus- ja lämpöeläminen. Rappauskerrosten kerrospaksuus vaihteli varsin paljon, eikä aina ollut edes vähimmäisvaatimuksen mukaista 5 mm rappauskerrosta. Paikallisen pinnoituksen irtoamisen syynä voidaan olettaa olevan rakenteeseen päässyt kosteus jäätyessään rapauttanut rapausta.

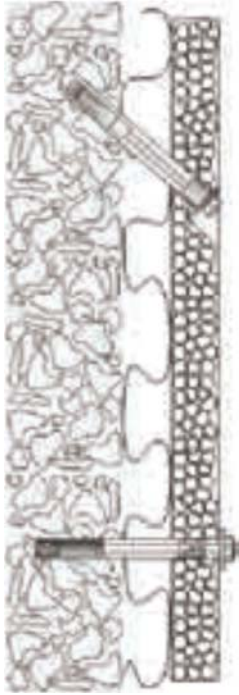
11 Työjärjestys

Tässä luvussa käydään läpi ohutrappausjärjestelmän työvaiheet niin että työselostuksen tärkeimmät asiat tulee selitettyä.

11.1 Alustan valmistelu

Aluksi on poistettava julkisivuvarusteet, kuten valaisimet ja kilvet, sekä julkisivurakenteisiin liittyvä pellitykset. Syöksytorvet poistetaan työn edistymisen mukaan, ja mahdollinen sadevesi on ohjattava pois tilapäisesti niin kutsutulla ulosheittäjällä, seinien kastumisen ehkäisemiseksi. [16.]

Eristerappauksen alle jäävä kuorirakenne, esimerkiksi sandwich-elementtitapauksessa tulee vahvistaa rakennesuunnittelijan ohjeen mukaan runko- ja puristusankkureilla kuten kuvassa 13. Runkoankkurit asennetaan elementin yläreunaan yleensä 45 asteen kulmaan, ne vahvistavat/korvaavat jo olemassa olevaa rakenteellista kiinnitystä. Puristusankkureita käytetään silloin, jos olemassa olevat kiinnitykset eivät pysty vastaanottamaan runkoankkurilta tulevaa puristusvoimaa. Kiinniketoimittaja määrittää syvyydet ja reunaetäisyydet käytännössä kohteessa tehtyjen koevetojen perusteella. Alustan kunnon on oltava sellainen, että siihen voidaan tehdä tarvittavat paikkakorjaukset ja varmistuskiinnitykset. [3 s.57.]



Kuva 13. Veto- ja puristusankkurit asennettuna.[3,s.57]

Betonisen alustan esioikaisu tehdään rappauslaasteilla. Jos alustana on vanha rappauspinta, tulee se pestä puhtaaksi hilseilevästä maalista sekä epäpuhtauksista, myös alustastaan irti oleva rappaus tulee poistaa. Kohdat, jossa vanhaa rappauslaastia ei enää ole, tulee tasata muun pinnan tasoon rappamalla. [6, s.6.]

Jos eristerapattavassa vanhassa betonirakenteessa on korroosioauriokohtia, ei niitä ole tarpeen paikata, jos ne jäävät kokonaan lämmöneristeen alle. Eristerappauksen jälkeen korroosiotilassa olleet teräkset päätyvät olosuhteisiin, joissa korroosion eteneminen on merkityksettömän hidasta. Laaja-alaiset vauriot voivat heikentää eristeiden liimauskiinnitystä, joten ne on paikattava riittävän tartuntalujuuden omaavalla laastilla. [1, s.121.]

Eristeet on kiinnitettävä tasaiselle alustalle. Pinnan tasaisuus on mitattava RT-ohjekortin 14-10373 mukaisesti, ja täyttäen kohdassa 7.2 *Pinnan tasaisuus* annetut arvot. Mikäli ne eivät täyty, on pinta tasoitettava esimerkiksi oikaisu- tai rappauslaasteilla ennen eristeiden kiinnitystä. [1, s.121;6.]

Rungon rakenteelliset liikuntasaumat on syytä huomioida ennen eristeiden kiinnitystä, jotta ne muistetaan kun eristystyötä tehdään. Elementtien väliset saumat tarkastetaan tiiviiksi, jos vikaa on, niin täytetään pu- eli polyuretaanivaahdolla sisäosin, pinta tasataan villasullonnalla [6,s.10.]

11.2 Lämmöneristeen asennus, rakenteellinen liikuntasäuma

Eristeet kiinnitetään materiaalitoimittajan ohjeiden mukaisesti, kuitenkin niin, että rakennesuunnittelijan antamat vaatimukset vetolujuuksista täytyvät. EPS-eristeet kiinnitetään yleensä liimalaastilla ja kiinnikkeillä, näin varmistetaan eristeiden paikallaan pysyvyys. Eristeen kiinnityksen jälkeen on pinnan tasaisuus tarkistettava ja eristeiden väliset hammastukset poistettava esimerkiksi hiomalla. Lisäksi ikkuna-aukkojen alareunaa tulee viistää ulospäin kaatavaksi, jotta ikkunapeltien toiminta varmistuu. [1,s.187]

Rakenteellisissa liikuntasäumoissa ja kahden eri julkisivumateriaalin liittymässä käytetään EPS-eristeellä tiivistysnauhoja ja liikuntasäumaprofiilia järjestelmätoimittajan ohjeen mukaisesti. Jos tarvittava liikuntasäuma on kyllin leveä, voidaan se tehdä myös leikkaamalla valmiiseen pintaan ja tiivistää. Tässä vaihtoehdossa on huomioitava, että leikkaus läpäisee myös eristekerroksen ja että tiivistys toteutetaan onnistuneesti. Unohdunut rakenteellinen liikuntasäuma aiheuttaa rakenteiden liikkua ohutrappausjärjestelmään sellaisia voimia, ettei halkeilulta voi välttyä. [1s.56,129.]

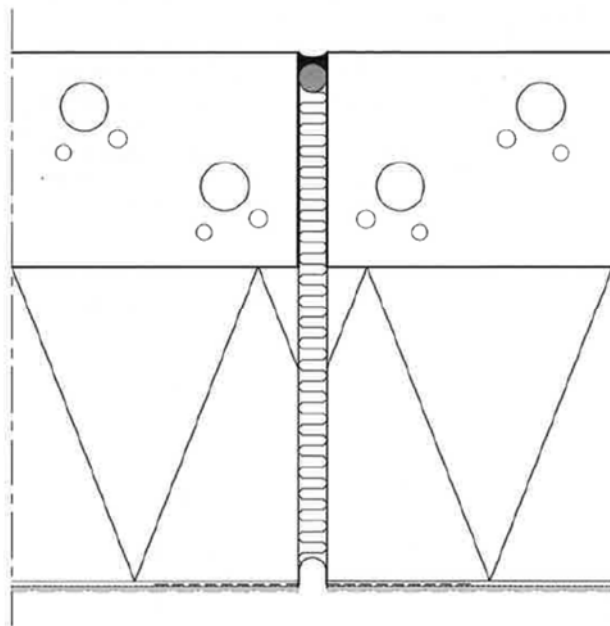
11.3 Lisävahvistus

Aukkojen kulmiin sekä seinän ulko- ja sisänurkkiin asennetaan valmiiksi muotoillut vahvikeverkot sekä aukkojen kulmiin lisärappausverkot.. Lisäksi asennetaan rappauksen reunan muodostavat alareuna- ja päättölistat (liikuntasäuma). Vahvikeverkot liimataan ohuella kerroksella verkotuslaastia. Niiden ja listojen lopullinen sijainti on verkotuslaastikerroksessa. Iskunkestävyyttä parantavat ja lisärasituksia kestävät kaksoisverkotukset on tehtävä myös tässä vaiheessa, yleensä noin kahden metrin korkeuteen asti katutasosta [1,s.49]

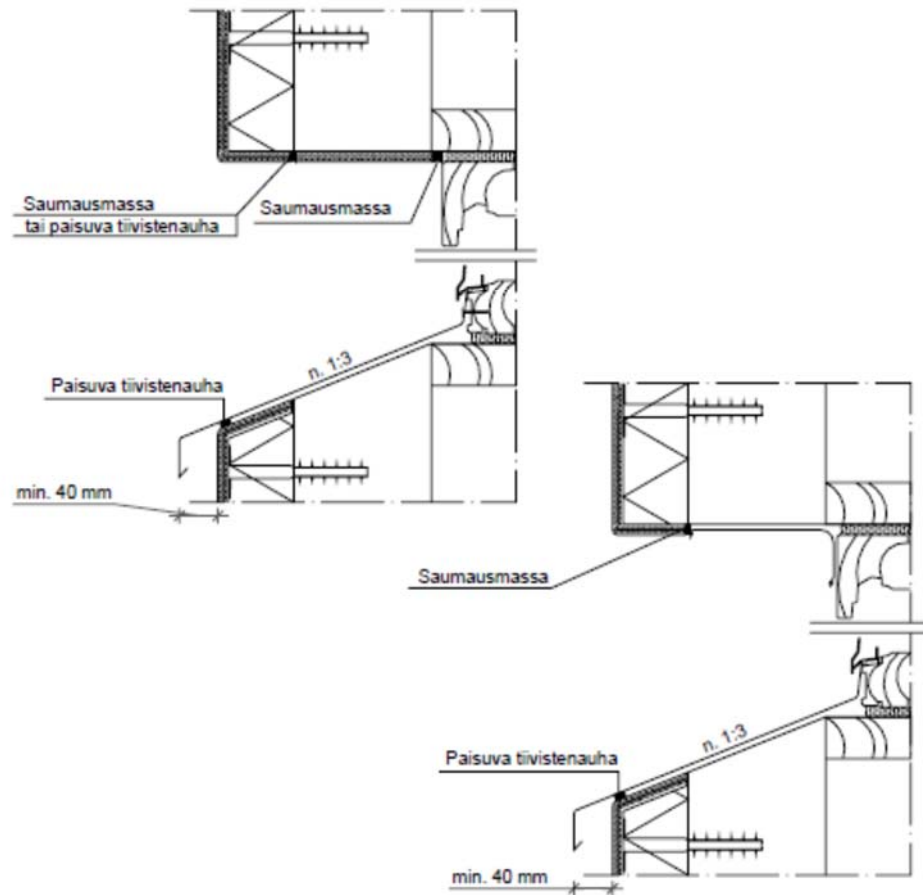
11.4 Liikuntasaumat ja vesipellit

Vesipeltien alla tulee eristelevyn reuna viistota niin, että se kaataa ulospäin kuten kuvassa 15. Lisäksi se verkotetaan panssarikulmaverkolla ja sokkelilaastilla. On myös huolehdittava, että vesi ei pääse tuulen vaikutuksesta nousemaan vesipellin alle asentamalla niin kutsuttu myrskypelti vesipellin alle. Eristeen läpi menevät kiinnitykset ja läpiviennit on aina tehtävä alaviistoon, jotta vesi ei valu rakenteen sisään ja tiivistettävä. [12.]

Rakenteelliset liikuntasaumat tehdään myös ohutrappaukseen. Valmistajan suosittelemalla tavalla, esimerkiksi Stotherm-ohutrappausjärjestelmään kuuluu erityiset liikuntasaumaprofiilit jonka periaate näkyy kuvassa 14. Ne voidaan tehdä myös saumausmassalla, mutta ohutrappauksen ohuus vaikuttaa saumausmassan tarttuvuuteen ja tiiveyteen. Myös ohutrappausjärjestelmän liittyessä toiseen materiaaliin on liitos tehtävä liikkeet salliviksi. [12;1,s.57]



Kuva 14. Rakenteellisen liikuntasauman teko liikuntasaumaprofiililla. [1,s.56]



Kuva 15. Periaatekuva ikkunapielien rappaustavasta [2,s.21]

11.5 Verkotuskerros

Alustan on oltava tasainen, kestävä, puhdas ja kuiva rappaustyöhön ryhdyttäessä. Työ on tehtävä järjestelmätoimittajan ohjeiden mukaisesti. Esimerkiksi StoArmat Classic Plus -verkotuslaastin teknisessä tietolehtisessä ohjeistetaan EPS:n pintaan tehtävä verkotuslaastikerros levittämään kerralla, ja painamalla verkko lopuksi märkään laastiin. Tällöin on kiinnitettävä tarkkaa huomiota erityisesti verkon oikeaan sijaintiin rappauksen sisässä, kts. kohta 7 *Ohutrappauksen menetelmät ja laatukriteerit*. [1,s 14; 11.]

Panssariverkkoa tai kaksoisverkotusta käytetään kun rappaus on alttiina rasituksille, joita tavallinen ohutrappaus ei välttämättä kestäisi noin 2-3 metrin korkeudelle saakka maanpinnasta. Se levitetään ohueen kerrokseen verkotuslaastia, jätään rappauskerroksen pohjalle. Tavallinen verkotuskerros tehdään normaalisti tämän päälle.[16.]

11.6 Pinnoite

Pinnoitustyö tehdään kun verkotuslaasti on kovettunut, yleensä noin 1-3 vuorokautta verkotuslaastin levittämisestä. Ennen pinnoitusta esimerkiksi Stotherm-ohutrappausjärjestelmään kuuluu pohjustus, joka tehdään kun verkotuslaasti on kuivunut 2-3 päivää (tarvittaessa pidempään). Pohjuste voidaan sävyttää samaan sävyyn kuin tuleva pinnoite. [12.]

Pinnoitustyö tehdään järjestelmään kuuluvalla pinnoitteella kun pohjuste on kuivunut 4-6 tuntia. Stotherm-ohutrappausjärjestelmään kuuluu silikonihartsipinnoite, joka valitaan halutun karkeusasteen mukaan, mallitöistä. Ilman lämpötila ei saa alittaa +5 °C missään vaiheessa rappaustyötä tehdessä. Pinnoite levitetään joko ruiskuttamalla, tai käsin lastalla, halutusta ulkonäöstä ja rappausjärjestelmästä riippuen. Pinnoitteen paksuus määräytyy raekoon ja materiaalitoimittajan ohjeenmukaisen menekin mukaan. Työn aikana menekkiä tulee seurata vertaamalla toteutunutta menekkiä valmistajan ohjeeseen. [12;1,s.54.]

Lopullisesti maalipintaissa ohutrappauksessa tehdään maalipinta yleensä hierretyn tai tasatun rappauspinnan päälle. Pinnoitusta tehdessä on huomioitava, että esimerkiksi kiinteiden telineiden tasojen kohdalla ei tule laatu- tai ulkonäköeroja. Rappauksen pintakäsittely on hyvä tehdä nostokoneesta tasaisen lopputuloksen saamiseksi. [1,s.55.]

11.7 Jälkihoito

Liian nopea kuivuminen aiheuttaa rappauserroksen halkeilua, alentaa rappauserroksen lujuutta ja lisää rappauksen vedenimukykyä joka taas huonontaa pitkäaikaiskestävyyttä. Aurinko ja tuuli aiheuttavat liian nopeaa kuivumista. Jos laasti pääsee jäätymään kovettumisvaiheessa, se menettää lujuutta ja haurastuu. [1,s.53.]

11.8 Työn tarkastus

Työ tarkastetaan työn edetessä. Tarkastuksessa voi käyttää hyväkseen laadunvalvonnan muistilistaa kohdasta 9.1. johon on kerätty tärkeimpiä muistettavia asioita.

12 Yhteenveto

Työn tarkoituksena oli kerätä ohutrappaus-eristejärjestelmään sellaiset ohjeet, jolla on mahdollista suunnitella ja ohjata ohutrappaustyö. Huomiota kiinnitettiin erityisesti sellaisiin asioihin, jotka saattavat helposti unohtua tai epähuomiossa jäädä huomaamatta. Tietoa kerättiin alan kirjallisuudesta, sekä tuotevalmistajien ohjeista. Alun perin tarkoituksena oli keskittyä vain EPS-eristeen päälle tehtyyn ohutrappaukseen, mutta loppuksen lopuksi mineraalivillalla toteutettu ohutrappausjärjestelmä ei eroa työtavoiltaan kovin paljoa EPS:llä toteutetusta.

Tutkitun esimerkkikohteen osio soveltuu oppaaksi ohutrappauksen tutkimisen aloittelijalle ja sitä voidaan käyttää pohjana myöhemmissä samankaltaisissa hankkeissa. Kerätty paketti soveltuu hyvin esimerkiksi työselostuksen laatimiseen, kun muistaa ottaa huomioon materiaalivalmistajan omat ohjeet. Työmaalla ja korjausrakentamisessa voidaan laadunvalvonnan osalta käyttää tätä opinnäytetyötä apuna laadun varmistamisessa.

Lähteet

- 1 Suomen Betoniyhdistys r.y. 2011. Eriste- ja levyrappaus by57. Helsinki. BY-Kustannus Oy.
- 2 Haukijärvi, Matti ym. 2005. JUKO – Julkisivujen korjausopas, ohutrappaus suunnitteluohjeet. Verkkodokumentti julkisivuyhdistys r.y internetsivuilta. luettu 2.3.2014
- 3 Ferrometal. Julkisivukiinnikkeet- esite. Verkkodokumentti www.ferrometal.fi Luettu 10.4.2014
- 4 Tikkurila. Finngard Eristerappausohje. Verkkodokumentti www.tikkurila.fi Luettu 3.4.2014.
- 5 Rakennustuoteteollisuus RTT ry. Kivitalo-info. Verkkodokumentti <http://kivitaloinfo.fi/>. Luettu 26.3.2014
- 6 Fescon Oy. 3.4.2013 Fescoterm -ohutrappaus -eristejärjestelmä suunnitteluohje. Verkkodokumentti <http://www.fescon.fi> Luettu 2.4.2014.
- 7 EPS-rakennustuoteteollisuus. Mitä EPS on. Verkkodokumentti <http://www.eps-eriste.fi/mita-eps-on> Luettu 2.4.2014
- 8 PU Eristeteollisuus ry. PU eristeet. Verkkodokumentti. <http://www.pueristeet.fi>. Luettu 2.4.2014
- 9 Finnfoam Oy. Finnfoam, koostumus ja rakenne. Verkkodokumentti <http://www.finnfoam.fi> Luettu 2.4.2014
- 10 STO Finexter oy. 2010. STO Liimalaastin Tekninen tietolehti. Verkkodokumentti <http://www.stofi.fi/> Luettu 2.4.2014
- 11 STO Finexter oy. 2013. STO StoArmat Classic plus -tekniinen tietolehti Verkkodokumentti <http://www.stofi.fi/> Luettu 2.4.2014
- 12 STO Finexter oy 4.3.2014 StoTherm Classic -eristerappaus järjestelmäkuvaus. Verkkodokumentti <http://www.stofi.fi/> luettu 27.3.2014.
- 13 EPS-rakennuseristeteollisuus 2010. EPS-eristeen käyttö ohutrapatussa julkisivussa. Verkkodokumentti. www.elementisuunnittelu.fi Luettu 2.4.2014.

- 14 Hall, N. Exterior Insulation and Finish Systems (And Other Problems with Building Envelopes). Verkkoartikkeli. AMC Elite yhtiön verkkosivut <http://www.large-lossdrying.com/> Luettu 2.4.2014.
- 15 Rakentaja.fi verkkoartikkeli http://www.rakentaja.fi/artikkelit/10228/korjausrakentamisen_ja_remontoinnin_energiamaaraykset.htm#.U0Kpu3ryW71 Luettu 7.4.2014
- 16 Ratu ohjekirja F31-0343. 2009. Ulkoseinän eristerappaus. Helsinki. Rakennustieto Oy.
- 17 Suomen Rakentamismääräyskokoelma E1. Rakennusten paloturvallisuus. Määräykset ja ohjeet 2011. Ympäristöministeriö.
- 18 Puhelinkeskustelu Aimo Nousiainen kanssa Helsingin rakennusvalvonnasta. 22.4.2014. klo 15:30.
- 19 RT ohjekortti RT 14-11039. 2011. Tasaisuuden mittaus. Helsinki. Rakennustieto Oy.
- 20 Rakennusvalvonta Helsinki-Espoo-Vantaa-Kauniainen yhteiset käytännöt. Korjaus- ja muutostöiden energiaselvitys –lomake. Verkkodokumentti www.pksrava.fi Luettu. 25.4.2014

Ulkoseinän lisäeristäminen ilman palokatkoja käytettäessä ThermiSol EPS Seinä ja ThermiSol Platina Rappari eristeitä sekä kerroslukua koskevat ehdot korjaus- ja uudisrakentamisessa

Lausunnon tilaaja:
ThermiSol Oy
Tapio Kilpeläinen
Toravantie 18
38210 SASTAMALA

1. Lausunnon kohde

Tässä asiantuntijalausunnossa esitetään ehdot ThermiSol EPS Seinä ja ThermiSol Platina Rappari eristeiden käytölle ilman mineraalivillasta tehtyjä vaakasuuntaisia palokatkoja ulkoseinän lisäeristämässä P1-luokan rakennuksissa sekä ohutrapattujen julkisivurakenteiden kerroslukua koskevat ehdot korjaus- ja uudisrakentamisessa.

2. Aineisto

Lausunnon taustatietoina on käytetty seuraavia asiakirjoja:

1. Lausunto EPS-seinäeristeen paloteknisestä käyttäytymisestä ohutrapatussa julkisivurakenteessa. Tutkimusraportti VTT-R-07591-10. 7 s.
2. EPS-eristeen käyttö ohutrapatussa julkisivussa. EPS-rakennuseristeteollisuus, syyskuu 2010. 6 s. + liitteet 6 s.
3. Lausunto StoTherm Vario S julkisivurappausjärjestelmän paloturvallisuudesta. Tutkimusraportti nro RTE3934/02.
4. Sertifikaatti Nro 130/00. ThermiSol EPS seinäeristeet. Myönnetty 30.3.2000. Päivitetty 9.12.2010. VTT Expert Services Oy.
5. Sertifikaatti Nro VTT-C-3712-09. ThermiSol Platina Seinä, Platina Rappari, Platina Sänkkäri ja Platina Runko. Myönnetty 30.1.2009. Päivitetty 27.2.2009 ja 20.9.2011. VTT Expert Services Oy.

3. Lisäeristämisen ehdot ilman palokatkoja ja kerrosluvun ehdot

Tutkimusraportissa VTT-R-07591-10 [1] annetaan ehdot EPS-ohutrapattujen julkisivurakenteiden soveltuvuudelle käytettäväksi Suomen rakentamismääräyskokoelman osan E1 kohdan 8.3.1 ohjeen tarkoittamassa P1-luokan rakennuksen ulkoseinässä. Palokatkoksi tarkoitettua mineraalivillalakaistan (ikkunan yläreunassa tai yhtenäisen kahden kerroksen välein) osalta sen käyttö rajataan yli 2-kerroksisiin P1-luokan rakennuksiin. Tutkimusraportti VTT-R-07591-10 [1] kattaa EPS-eristepaksuudet 300 mm:iin asti. Lisälämmöneristämässä käytettäviä ohuempia eristepaksuuksia ei itse raportissa varsinaisesti käsitellä. Raportissa viitataan kuitenkin annettujen asennusohjeiden noudattamiseen ja viitteenä on annettu asiakirja [2], jossa palosuojausdetaljien toteuttamisesta todetaan seuraavaa: *'Korjausrakentamisessa mineraalivillalakaistoja ei myöskään*

Esko Mikkola

*Soukansalmentie 18 B, 02360 Espoo
050 5260073, esko.k.mikkola@gmail.com*

tarvita, jos lisäeristepaksuus on korkeintaan 100 mm'. Tätä voidaan pitää perusteltuna seuraavista syistä:

- Suuren mittakaavan kokeita koskevan lausunnon (Tutkimusraportti nro RTE3934/02 [3]) mukaan EPS eristettä voidaan käyttää 100 mm:n paksuuteen asti ilman mineraalivillakaistoja.
- Kun eristeen paksuus on korkeintaan 100 mm ja sen molemmin puolin seinässä on vähintään B-s1, d0-luokan materiaalia, ei eristeen oma palaminen riitä levittämään paloa eristeeseen syntyneessä ontelossa laajemmalle kuin lieskahtaneen huonepalon liekin vaikutus ulottuu (=korkeintaan kahden kerroksen korkeudelle). Tämä edellyttää ohutrappausjärjestelmän ulottamista suojaamaan EPS-eristettä ikkunanpielissä ja muiden aukkojen reunoissa valmistajan asennusohjeiden mukaisesti.

Rakentamismääräyskokoelman osan E1 kohdassa 8.3.1 ei esitetä ulkoseinässä käytettävien rakennustarvikkeiden vaatimuksille kerroslukua koskevaa rajoitusta. Koska osastoivuusvaatimukset ovat samat enintään 8-kerroksisille ja yli 8-kerroksisille P1-luokan rakennuksille, voidaan E1:n kohdan 8.3.1 ohjeen 'Lämmöneristys, joka on B-s1, d0-luokkaista huonompaa, tulee suojata ja sijoittaa niin, että palon leviäminen eristykseen, palo-osastosta toiseen ja rakennuksesta toiseen on estetty' todeta pätevän ainakin 16 kerrokseen asti.

4. Yhteenveto

Sertifikaattien mukaisia ThermiSol EPS Seinä [4] ja ThermiSol Platina Rappari [5] eristeitä, jotka on hyväksytty käytettäväksi ohutrapatussa julkisivurakenteessa asiakirjan [1] ehdoin, voidaan käyttää ilman mineraalivillasta tehtyjä vaakasuuntaisia palokatkoja ulkoseinän lisäeristämisessä P1-luokan enintään 16-kerroksisissa rakennuksissa silloin, kun lisäeristeen paksuus on korkeintaan 100 mm ja lisäeristetyn ja ohutrapatun valmiin rakenteen paloluokitus on vähintään B-s1, d0.

Eristeen paksuuden ollessa yli 100 mm (korjaus- ja uudisrakentaminen) tulee palokatkoja käyttää. Tällöin asiakirjan [1] ehtojen mukaisia ohutrapattuja julkisivurakenteita voidaan käyttää enintään 16-kerroksisissa P1-luokan rakennuksissa.

Espoossa, 5.11.2013



Esko Mikkola
paloturvallisuusasiantuntija, TkT

Esko Mikkola

Soukansalmentie 18 B, 02360 Espoo
050 5260073, esko.k.mikkola@gmail.com

TUTKIMUSRAPORTTI

ERISTERAPPAUS

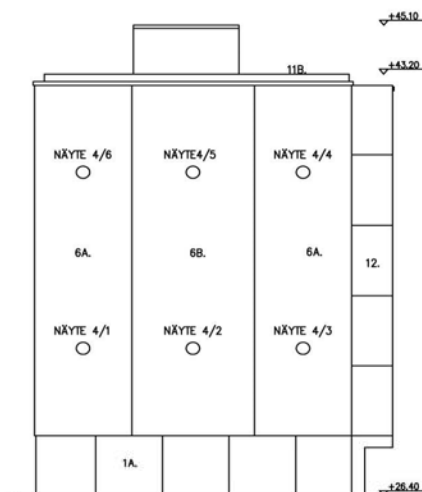
27.8.2013

Yhteenveto: Talo AB, julkisivu länteen
 Näytteet: 4/1 - 4/6

Näyte	4/1	4/2	4/3	4/4	4/5	4/6
DL0 (mm)	1,8	1,5	1,7	3,0	2,9	3,6
DL1 (mm)	1,2	1,3	1,0	0,8	1,0	1,5
DL2 (mm)	0,9	0,7	0,8	1,5	1,9	1,7
DL3 (mm)	3,0	2,8	2,8	3,5	3,9	5,2
%	48 %	49 %	44 %	50 %	67 %	48 %

DL0 rappauslaastin paksuus
 DL1 pintakerroksen paksuus
 DL2 verkon etäisyys rappauslaastin ulkopinnasta
 DL3 rappauksen kokonaispaksuus
 % verkon prosentuaalinen etäisyys rappauslaastin ulkopinnasta

Seinän kokonais keskiarvo	
DL0	2,4 (mm)
DL1	1,2 (mm)
DL2	1,3 (mm)
DL3	3,5 (mm)
%	51 %



PÄÄTY LÄNTEEN

TUTKIMUSRAPORTTI

ERISTERAPPAUS

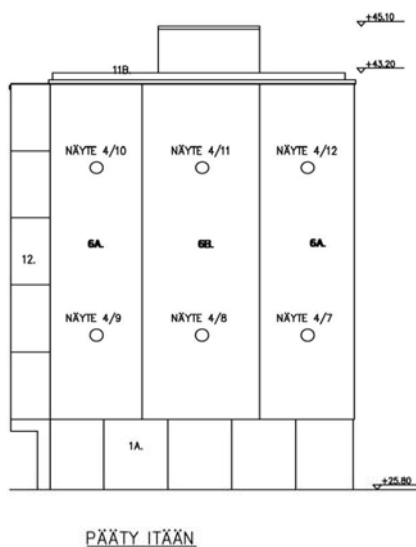
27.8.2013

Yhteenveto: Talo AB, julkisivu itään
 Näytteet: 4/7 - 4/12

Näyte	4/7	4/8	4/9	4/10	4/11	4/12
DL0 (mm)	3,5	2,7	2,3	1,8	2,5	2,9
DL1 (mm)	0,8	1,3	1,2	1,0	0,9	0,9
DL2 (mm)	1,9	1,6	1,3	0,9	1,2	1,7
DL3 (mm)	4,3	4,0	3,5	2,8	3,4	3,8
%	54 %	59 %	58 %	48 %	48 %	59 %

DL0 rappauslaastin paksuus
 DL1 pintakerroksen paksuus
 DL2 verkon etäisyys rappauslaastin ulkopinnasta
 DL3 rappauksen kokonaispaksuus
 % verkon prosentuaalinen etäisyys rappauslaastin ulkopinnasta

Seinän kokonais keskiarvo	
DL0	2,6 (mm)
DL1	1,0 (mm)
DL2	1,4 (mm)
DL3	3,6 (mm)
%	54 %



TUTKIMUSRAPORTTI

ERISTERAPPAUS

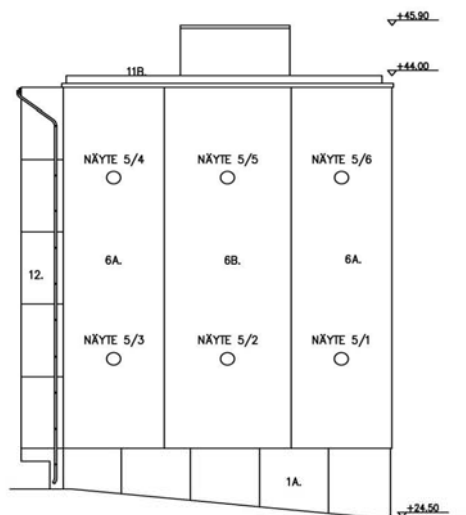
27.8.2013

Yhteenveto: Talo CDE, julkisivu etelään
 Näytteet: 5/1 - 5/6

Näyte	5/1	5/2	5/3	5/4	5/5	5/6
DL0 (mm)	4,0	4,1	3,8	4,2	4,4	4,1
DL1 (mm)	0,7	1,1	1,1	1,0	1,3	1,0
DL2 (mm)	2,9	2,8	2,6	3,0	3,3	2,9
DL3 (mm)	4,7	5,2	4,8	5,3	5,8	5,2
%	73 %	68 %	68 %	73 %	74 %	73 %

DL0 rappauslaastin paksuus
 DL1 pintakerroksen paksuus
 DL2 verkon etäisyys rappauslaastin ulkopinnasta
 DL3 rappauksen kokonaispaksuus
 % verkon prosentuaalinen etäisyys rappauslaastin ulkopinnasta

Seinän kokonais keskiarvo	
DL0	4,1 (mm)
DL1	1,0 (mm)
DL2	2,9 (mm)
DL3	5,2 (mm)
%	71 %



PÄÄTY ETELÄÄN

TUTKIMUSRAPORTTI

ERISTERAPPAUS

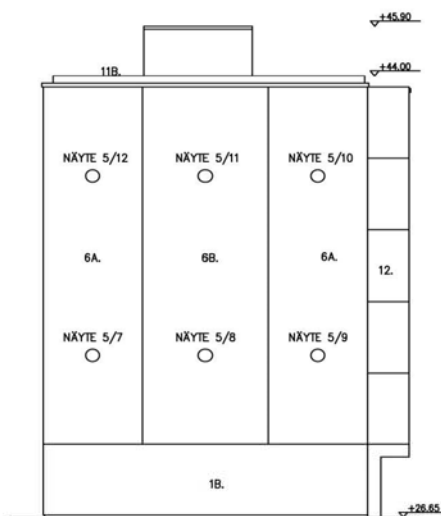
27.8.2013

Yhteenveto: Talo CDE, julkisivu pohjoiseen
 Näytteet: 5/7 - 5/12

Näyte	5/7	5/8	5/9	5/10	5/11	5/12
DL0 (mm)	2,8	3,3	3,6	1,8	2,3	2,2
DL1 (mm)	0,9	0,8	0,9	1,9	1,1	0,8
DL2 (mm)	1,7	2,4	2,3	0,8	1,2	1,2
DL3 (mm)	3,8	4,0	4,5	3,7	3,4	3,0
%	62 %	73 %	63 %	45 %	54 %	55 %

DL0 rappauslaastin paksuus
 DL1 pintakerroksen paksuus
 DL2 verkon etäisyys rappauslaastin ulkopinnasta
 DL3 rappauksen kokonaispaksuus
 % verkon prosentuaalinen etäisyys rappauslaastin ulkopinnasta

Seinän kokonais keskiarvo	
DL0	2,7 (mm)
DL1	1,1 (mm)
DL2	1,6 (mm)
DL3	3,7 (mm)
%	59 %



PÄÄTY POHJOISEEN

TUTKIMUSRAPORTTI

ERISTERAPPAUS

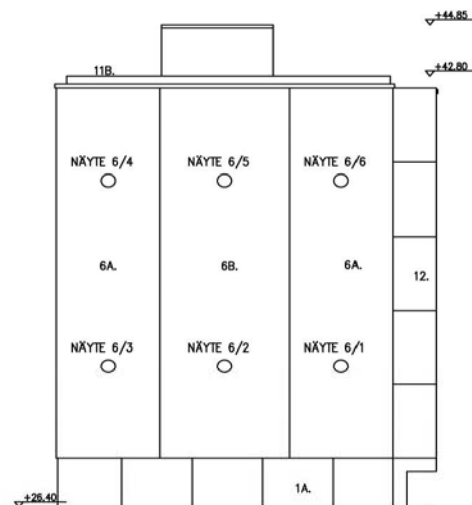
27.8.2013

Yhteenveto: Talo FG, julkisivu länteen
 Näytteet: 6/1 - 6/6

Näyte	6/1	6/2	6/3	6/4	6/5	6/6
DL0 (mm)	3,5	2,5	2,9	3,2	3,8	2,7
DL1 (mm)	0,9	1,1	1,2	0,9	1,1	1,3
DL2 (mm)	2,2	1,5	2,2	2,3	2,2	1,7
DL3 (mm)	4,4	3,6	4,1	4,1	4,9	4,0
%	63 %	62 %	76 %	70 %	58 %	63 %

DL0 rappauslaastin paksuus
 DL1 pintakerroksen paksuus
 DL2 verkon etäisyys rappauslaastin ulkopinnasta
 DL3 rappauksen kokonaispaksuus
 % verkon prosentuaalinen etäisyys rappauslaastin ulkopinnasta

Seinän kokonais keskiarvo	
DL0	3,1 (mm)
DL1	1,1 (mm)
DL2	2,0 (mm)
DL3	4,2 (mm)
%	65 %



PÄÄTY LÄNTEEN

TUTKIMUSRAPORTTI

ERISTERAPPAUS

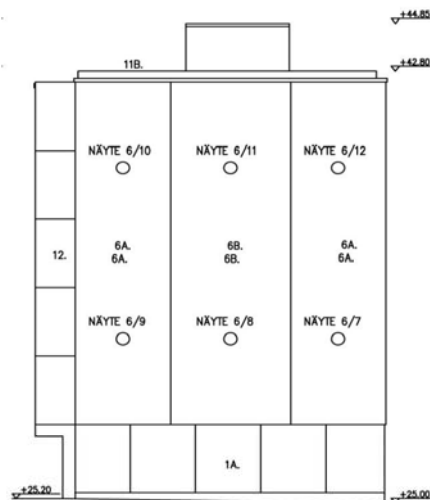
27.8.2013

Yhteenveto: Talo FG, julkisivu itään
 Näytteet: 6/7 - 6/12

Näyte	6/7	6/8	6/9	6/10	6/11	6/12
DL0 (mm)	3,5	4,2	3,9	3,2	2,6	2,8
DL1 (mm)	1,5	1,0	1,2	1,8	1,3	1,3
DL2 (mm)	2,1	3,0	3,0	2,1	1,8	1,8
DL3 (mm)	5,1	5,2	5,1	5,0	3,9	4,1
%	60 %	71 %	76 %	66 %	71 %	66 %

DL0 rappauslaastin paksuus
 DL1 pintakerroksen paksuus
 DL2 verkon etäisyys rappauslaastin ulkopinnasta
 DL3 rappauksen kokonaispaksuus
 % verkon prosentuaalinen etäisyys rappauslaastin ulkopinnasta

Seinän kokonais keskiarvo	
DL0	3,4 (mm)
DL1	1,4 (mm)
DL2	2,3 (mm)
DL3	4,7 (mm)
%	68 %



PÄÄTY ITÄÄN

TUTKIMUSRAPORTTI

ERISTERAPPAUS

27.8.2013

Yhteenveto: Talo H, julkisivu pohjoiseen
 Näytteet: 9/1 - 9/6

Näyte	9/1	9/2	9/3	9/4	9/5	9/6
DL0 (mm)	2,2	2,1	2,3	2,4	2,2	2,3
DL1 (mm)	0,8	1,2	0,9	1,1	0,7	1,3
DL2 (mm)	1,1	1,1	1,4	1,4	1,4	1,3
DL3 (mm)	3,0	3,3	3,2	3,5	2,9	3,6
%	51 %	51 %	63 %	58 %	66 %	57 %

DL0 rappauslaastin paksuus
 DL1 pintakerroksen paksuus
 DL2 verkon etäisyys rappauslaastin ulkopinnasta
 DL3 rappauksen kokonaispaksuus
 % verkon prosentuaalinen etäisyys rappauslaastin ulkopinnasta

Seinän kokonais keskiarvo	
DL0	2,2 (mm)
DL1	1,0 (mm)
DL2	1,3 (mm)
DL3	3,2 (mm)
%	58 %



PÄÄTY POHJOISEEN

TUTKIMUSRAPORTTI

ERISTERAPPAUS

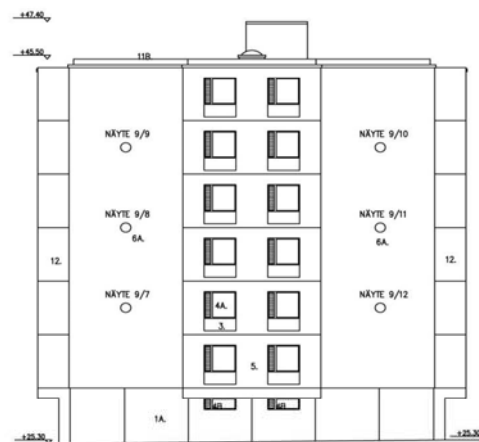
27.8.2013

Yhteenveto: Talo H, julkisivu etelään
 Näytteet: 9/7 - 9/12

Näyte	9/7	9/8	9/9	9/10	9/11	9/12
DL0 (mm)	3,0	2,8	2,6	3,0	2,0	2,5
DL1 (mm)	1,1	1,0	0,8	1,1	1,2	1,3
DL2 (mm)	1,4	1,5	1,7	2,1	0,9	1,3
DL3 (mm)	4,1	3,7	3,4	4,1	3,2	3,8
%	47 %	55 %	67 %	72 %	47 %	53 %

DL0 rappauslaastin paksuus
 DL1 pintakerroksen paksuus
 DL2 verkon etäisyys rappauslaastin ulkopinnasta
 DL3 rappauksen kokonaispaksuus
 % verkon prosentuaalinen etäisyys rappauslaastin ulkopinnasta

Seinän kokonais keskiarvo	
DL0	2,7 (mm)
DL1	1,1 (mm)
DL2	1,5 (mm)
DL3	3,7 (mm)
%	57 %



YHTEENVETO KESKIARVOISTA

TALO AB (4)			TALO CDE (5)	
Seinä:	AB Itä	AB Länsi	CDE pohjoinen	CDE etelä
DL0	2,6 (mm)	2,4 (mm)	2,7 (mm)	4,1 (mm)
DL1	1,0 (mm)	1,2 (mm)	1,1 (mm)	1,0 (mm)
DL2	1,4 (mm)	1,3 (mm)	1,6 (mm)	2,9 (mm)
DL3	3,6 (mm)	3,5 (mm)	3,7 (mm)	5,2 (mm)
%	54 %	51 %	59 %	71 %

TALO FG (6)			TALO H (9)	
Seinä:	FG Länsi	FG Itä	H Etelä	H Pohjoinen
DL0	3,1 (mm)	3,4 (mm)	2,7 (mm)	2,2 (mm)
DL1	1,1 (mm)	1,4 (mm)	1,1 (mm)	1,0 (mm)
DL2	2,0 (mm)	2,3 (mm)	1,5 (mm)	1,3 (mm)
DL3	4,2 (mm)	4,7 (mm)	3,7 (mm)	3,2 (mm)
%	65 %	68 %	57 %	58 %

Merkkien selitykset:

DL0	rappauslaastin paksuus
DL1	pintakerroksen paksuus
DL2	verkon etäisyys rappauslaastin ulkopinnasta
DL3	rappauksen kokonaispaksuus
%	verkon prosentuaalinen etäisyys rappauslaastin ulkopinnasta